

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Vedran Stipančič

RFID sistem v skladiščnem poslovanju

DIPLOMSKO DELO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: doc. dr. Mira Trebar

Ljubljana, 2014

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja. Za objavljane ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Tehnologija radiofrekvenčne identifikacije (RFID) omogoča uspešno identifikacijo označenih proizvodov in beleženje ter pregled temperatur v logistiki. Kandidat naj prouči proces sprejema in izdaje blaga v skladišču ter izdela programsko rešitev za krmiljenje RFID sistema v lokalnem omrežju. Upravljanje RFID vrat, identifikacija RFID značk, obdelava in pregled podatkov naj bodo zasnovani in implementirani tako, da omogočajo uporabniku oddaljen dostop do sistema. Testiranje in vrednotenje prototipnega RFID sistema naj izvede tako v laboratoriju kot tudi v realnem procesu sledljivosti rib, kjer so RFID vrata nameščena na vhodu v hladilnico.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Vedran Stipančič sem avtor diplomskega dela z naslovom:

RFID sistem v skladiščnem poslovanju

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Mira Trebar
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 15. decembra 2014

Podpis avtorja:

Zahvaljujem se družini in prijateljem za podporo v času študija. Še posebej se zahvaljujem mentorici doc. dr. Miri Trebar, za vztrajno pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Kazalo

Povzetek

Abstract

Poglavje 1	Uvod	1
Poglavje 2	Skladišče	3
2.1	Sledljivost in hladna veriga.....	3
2.2	Projekt RFID-F2F	4
Poglavje 3	RFID sistem sledljivosti	7
3.1	Strojna oprema	8
3.2	Tehnologije	11
3.2.1	Programski jeziki in protokoli	12
3.2.2	Programska okolja in orodja.....	12
3.2.3	Knjižnice.....	13
3.3	Aplikacija RFID Portal	14
3.3.1	Delovanje RFID Portala	16
3.4	Spletna aplikacija SCM Portal	20
3.4.1	Načrtovanje spletne strani	21
3.4.2	Podatkovni model.....	31
3.4.3	EPCIS dogodki	32
3.4.4	Komunikacija med aplikacijama RFID Portal in SCM Portal	34
Poglavje 4	Implementacija in testiranje.....	37
4.1	Namestitev, zagon in nastavitev RFID Portala	37
4.2	Proces identifikacije (Sprejem / Izdaja).....	39
4.3	Preverjanje temperatur	43
4.4	Datoteke XML za zapis v EPCIS repozitorij.....	44

Poglavje 5	Sklepne ugotovitve	47
-------------------	---------------------------------	-----------

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML	Asinhroni JavaScript in XML
CSV	Comma Separated Value	Podatki ločeni z ločilom
EPC	Electronic Product Code	Globalni identifikator
EPCIS	Electronic Product Code Information Services	Standard za obliko in izmenjavo podatkov
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory	Električno izbrisljiv programirljiv bralni pomnilnik
IETF	Internet Engineering Task Force	Delovna skupina za internetno tehniko
JVM	Java Virtual Machine	Javanska navidezna naprava
GPIO	General Purpose Input Output	Splošni vhod izhod
GRAI	Global Returnable Asset Identifier	Globalni identifikator povratnih sredstev
GSRN	Global Service Relation Number	Globalni identifikator zvez
HTML	HyperText Markup Language	Označevalni jezik za oblikovanje večpredstavnostnih dokumentov
RFID	Radio Frequency Identification	Radiofrekvenčna identifikacija
RTC	Real Time Clock	Ura realnega časa
SGTIN	Serialized Global Trade Item Number	Globalni identifikator produkta
TCP	Transmission Control Protocol	Povezani protokol transportnega sloja
UHF	Ultra High Frequency	Ultra visoka frekvenca
URI	Uniform Resource Identifier	Enotni označevalnik vira

W3C	World Wide Web Consortium	Konzorcij svetovnega spleta
WORA	Write Once Run Anywhere	Napiši enkrat, poženi kjerkoli
WSN	Wireless Sensor Network	Mreža brezžičnih senzorjev
XML	Extensible Markup Language	Razširljiv označevalni jezik

Povzetek

Cilj diplomske naloge je bila izdelava RFID sistema, ki v skladišču omogoča sledljivost produktov, označenih z RFID nalepkami oz. značkami in pregled na namiznih ali mobilnih napravah. Za izdelavo RFID sistema sta bili razviti dve aplikaciji, imenovani RFID Portal in SCM Portal. RFID Portal je namizna aplikacija, ki upravlja z RFID vrati. Ta zaznavajo produkte, ki prihajajo v skladišče in ga zapuščajo ter temperature v katerih so bili shranjeni. Vsi tako zbrani podatki so poslani spletni aplikaciji SCM Portal, ki jih shrani v podatkovno bazo in EPCIS repozitorij. Prek spletne aplikacije lahko uporabniki tudi upravljajo z nastavitvami RFID vrat, pregledujejo shranjene podatke o zaznanih produktih in jih po želji izvozijo. Pošiljanje podatkov med aplikacijama poteka preko spletnega protokola '*websocket*', katerega uporaba se zelo hitro razširja med raznoraznimi aplikacijami.

Ključne besede: RFID Portal, SCM Portal, RFID, hladna veriga, sledljivost

Abstract

The goal of the thesis was to create an RFID system that enables traceability of products, tagged with RFID stickers or tags and overview of data on desktop or mobile devices. In the implementation of the RFID system, two applications were developed, called RFID Portal and SCM Portal. RFID Portal is a desktop application that operates an RFID door, which detects products, that arrive at a warehouse and leave it and temperatures in which they were kept. All the collected data is sent to the web application SCM Portal, which stores them to a database and EPCIS repository. Through the web application users can manage settings of RFID door, overview saved data of detected products and export them. The applications exchange data through a web protocol '*websocket*', the use of which rapidly expands between various applications.

Keywords: RFID Portal, SCM Portal, RFID, cold chain, traceability

Poglavje 1 Uvod

V zadnjem času se med ljudmi krepi zavest o pomembnosti informacij o kakovosti in izvoru živil, ki jih zaužijejo. Trenutno se potrošnik ne more prepričati ali je kupljeno živilo res pridelano tako, kot je obljubljeno s strani proizvajalca in ali je bilo ustrezno rokovano v celotnem procesu, od izdelave do trgovinskih polic. Za zagotavljanje teh informacij je potrebno vzpostaviti učinkovit način izvajanja sledljivosti in hladne verige v preskrbovalni verigi, s čimer se da enostavno ugotoviti kje se je nek produkt nahajal v določenem koraku preskrbovalne verige ter ali je bil hranjen na ustreznih temperaturah. Tako bi lahko pokvarjene oz. neustrezne produkte izločili v tistem delu preskrbovalne verige, kjer se je pojavil problem in ne bi nevede prišlo do končnega kupca. Poleg tega pa se lahko kupec prepriča, da kupljen produkt res ustreza pričakovanjem in ustreznim standardom.

Za razvoj in širšo uporabo takega sistema, so potrebne ustrezne tehnologije. Ena od njih je označevanje produktov s črtno kodo, ki izpolnjuje zakonske zahteve in omogoča dostop do nekaterih informacij o proizvajalcih in izdelkih. Z vedno širšo uporabo RFID tehnologij za avtomatizacijo procesov, je ta postala ena od priporočljivih, lažje in cenovno bolj dostopnih možnosti. Z namestitvijo RFID čipov na različne podlage, je možno sledenje velikemu številu produktov brez nepotrebnih zamud, ročnih pregledov in z zelo majhnimi možnostmi človeške napake. Možna je tudi uporaba RFID zapisovalnikov s senzorji, ki lahko zelo natančno pokažejo v kakšnih pogojih je bil produkt shranjevan. Poleg strojne opreme je tudi pomembna dostopnost zbranih podatkov. Z možnostjo dostopa do internetne povezave na vsakem koraku, enostavnostjo razvoja mobilnih in spletnih aplikacij, se lahko podatki zajemajo in prikazujejo kjerkoli. Tako ima npr. kupec večjo možnost informiranosti o določenem produktu pred samim nakupom in se tako prepriča, ali je izbran produkt primeren ali ne.

Z uporabo omenjenih tehnologij je mogoče zasnovati celovit sistem sledljivosti in hladne verige. V diplomskem delu je predstavljena rešitev z uporabo RFID sistema, ki podpira logistični del preskrbovalne verige tj. sledenje produktom, ki so prišli oz. bili izdani iz skladišča in omogoča pregled temperatur na katerih so bili shranjeni. Za izvedbo rešitve sta bili zasnovani in razviti dve aplikaciji, ki sta potrebni za delovanje sistema. Prva aplikacija je namizna in skrbi delovanje RFID opreme ter zaznavanje produktov in njihovih temperatur. Druga aplikacija je spletna in omogoča urejanje nastavitev, pregled zbranih podatkov in njihov izvoz. Pregled teh

podatkov je v spletni aplikaciji možen zgolj začasno, zato se poleg podatkovne baze spletne aplikacije za shranjevanje uporablja tudi EPCIS repozitorij. Ta za posamezen produkt hrani celotno zgodovino sledljivosti. Isti EPCIS repozitorij uporabljajo tudi ostale aplikacije v celotni rešitvi in vanj zapisujejo ostale korake v preskrbovalni verigi oz. te podatke prikazujejo. V tretjem poglavju je predstavljena opisana potrebna strojna oprema za izvedbo rešitve in proces zasnove ter načrtovanje in implementacije obeh aplikacij. V četrtem poglavju je opisan proces testiranja celotne rešitve, njeno delovanje ter rezultati.

Poglavje 2 Skladišče

Številna manjša podjetja za sledenje zaloge v skladiščih še vedno uporabljajo enostavne metode zapisovanja na papir ali v Excel datoteke. Zaradi človeške napake, lahko tako pogosto pride do odstopanj med dejanskim stanjem zaloge in vknjiženim stanjem. Zaradi tega so potrebne zamudne inventure in obstaja nevarnost izgube posla zaradi nezmožnosti dobave produktov. Vse pogostejše se pojavlja potreba po ustrezni informacijski podprtosti procesov delovanja, ki minimizira možnost napak, pohitri celoten proces in ponuja realne podatke o stanju zalog.

Z razvojem tehnologije RFID (ang. Radio Frequency Identification), ki omogoča brezkontaktno zaznavanje izdelkov, je postala vzpostavitev takega sistema enostavnejša in učinkovitejša, poleg tega pa ponuja nabor dodatnih funkcionalnosti kot je npr. merjenje temperatur. Uporaba teh tehnologij nam omogoča hitro sledljivost izdelkom na vsakem koraku in zagotavljanje hladne verige v celotnem procesu.

2.1 Sledljivost in hladna veriga

Sledljivost omogoča pregled nad tem, kje in kdaj se je posamezen produkt pojavil in kaj se je z njim dogajalo. Ker se lahko produkt v celotni preskrbovalni verigi pojavlja pri več različnih partnerjih, ki lahko vodijo evidenco vsak na svoj način, je potrebno vzpostaviti enotno označevanje in shranjevanje posameznega produkta, v nasprotnem primeru se izgubijo podatki določenih korakov in s tem sledljivost ni popolna. Organizacija GS1 skrbi za razvoj in vpeljavo GS1 EPCglobal standardov [1], ki povezujejo tehnologijo radio-frekvenčne identifikacije (RFID) in sistem označevanja EPC (Electronic Product Code), s katerim se lahko označi izdelke, logistične enote, lokacije, sredstva, itd. Namen EPC kod je sestavljanje univerzalnega identifikatorja, ki bo lahko uporabljen kjerkoli po svetu in bo enolično označeval točno določen produkt. Struktura EPC kode se razlikuje glede na tip produkta, ki ga označuje in je definirana v EPCglobal Tag Data standardu. Za obdelavo podatkov v skladišču so uporabljeni naslednji zapisi:

- GSRN (Global Service Relation Number): identifikator uporabnikov.
- SGTIN (Serialized Global Trade Item Number): identifikator produktov.

- GRAI (Global Returnable Asset Identifier): identifikator sredstev.

Identifikatorji so lahko zapisani na dva načina:

- Binarni zapis: Zapis, ki se uporablja za pisanje in branje v RFID čipe.
- URI (Uniform Resource Identifier) zapis: Človeku berljiv zapis, ki je namenjen lažji izmenjavi podatkov med aplikacijami in podatkovnimi bazami.

RFID tehnologija omogoča brez kontakten prenos podatkov med nosilcem podatkov in bralno pisalno napravo. Trend razvoja GS1 standardov in RFID sistemov je na UHF (Ultra High Frequency) frekvenčnem območju, ki omogoča berljivost RFID oznak kjerkoli na svetu, saj deluje med 860 in 960 MHz. Za sledljivost je predvsem uporaben, ker omogoča branje in pisanje iz daljših razdalj (do 10 metrov s pasivnimi RFID čipi). Trenutno je najbolj razširjen GS1 EPC Gen2 (ISO 18000-6C) standard, ki definira komunikacijski protokol RFID naprav in tako omogoča uporabo kateregakoli RFID čipa s katerokoli bralno pisalno napravo, ki sledi temu standardu.

Hladna veriga (ang. cold chain) [2] se uporablja v prehranski in farmacevtski industriji za podaljševanje in zagotavljanje roka trajanja pokvarljivih produktov, z zahtevo shranjevanja produktov na ustreznih temperaturah. Za neprekinjeno hladno verigo, je potrebno temperature meriti na celotni poti izdelka od izdelave, transporta, hranjenja v skladiščih do končnega kupca. Za merjenje temperatur na vsakem koraku verige obstajata dve rešitvi. Prva je uporaba termometrov, ki so nameščeni med produkte ali v prostoru in jim je potrebno ročno odčitavati temperature, kar je zamudno. Druga možnost je uporaba brezžičnega omrežja senzorjev (ang. WSN – Wireless Sensor Network [3]), ki je sestavljen iz samostojnih senzorjev za pridobivanje in posredovanje meritev v centralni sistem. Vzpostavitev takega omrežja na celotni preskrbovalni verigi ne bi bila smotrna, saj bi za to potrebovali veliko število dragih naprav. Obstajajo pametne značke v tehnologiji RFID, ki se vstavijo med produkte in imajo vgrajene senzorje za merjenje temperatur ter notranji spomin za shranjevanje le teh. Te pametne značke omogočajo natančne in pogoste meritve (npr. na nekaj minut), zaradi česar so jasno vidna vsa odstopanja od zahtevanih temperatur hranjenja posameznega produkta. Tako so na vsakem koraku potrebne samo še čitalne naprave, ki temperature preberejo in shranijo v podatkovno bazo.

2.2 Projekt RFID-F2F

»RFID Farm to Fork« (RFID-F2F) [4] je projekt Evropske unije, kje so sodelovali raziskovalci UL, FRI. Namenjen je bil prikazu uporabe tehnologije RFID na vseh korakih od proizvodnje

živil do končnega potrošnika, ki bi tako bil informiran o izvoru, kakovosti in sestavi živil. V projekt je bilo vključenih več Evropskih univerz in organizacij, ki sodelujejo z manjšimi pridelovalci različnih živil (npr. ribe, sir, vino), kjer je izvedba takega pilotnega projekta enostavnejša.

Ena izmed pilotnih rešitev je vključevala sledljivost rib in izvedbo hladne verige le teh z uporabo RFID tehnologije [5]. Cilj rešitve je sledenje rib od ulova do prevzema pri stranki, ki lahko tako vidi kje se je riba nahajala na vsakem koraku in v kakšnih temperaturah je bila shranjena.

Izlovljene ribe se z barko pripelje v sortirnico, kjer se jih glede na tip in težo zapakira v zaboje iz stiropora (slika 2.1). Za vsak zaboj, ki se stehta, se z RFID tiskalnikom natisne RFID nalepko in nalepi nanj. RFID nalepka vsebuje EPC kodo, ki pove tip ribe in unikatno serijsko številko zaboja. Vse natisnjene EPC kode in njihove teže se shranijo v EPCIS (Electronic Product Code Information Services) podatkovno bazo. Med in v zaboje se vstavi pametne RFID značke, ki merijo in shranjujejo temperature.



Slika 2.1 Sortiranje ulovljenih rib

Iz sortirnice se zaboji prepeljejo v hladilnico (slika 2.2). Na vhodu ima postavljen RFID sistem, ki zazna vse RFID nalepke ter pametne RFID značke, ki pridejo in zapustijo hladilnico. Vse prebrane EPC kode izdelkov se shranijo v EPCIS podatkovno bazo. Po končani dostavi v trgovino ali končnemu kupcu se iz zabojev odstrani pametne RFID značke z izmerjenimi temperaturami, ki se shranijo v samostojno podatkovno bazo senzorskih meritev.



Slika 2.2 Shranjevanje rib

Ko stranka prejme ribe, si lahko poskenira QR kodo izdelka, s čimer odpre spletno aplikacijo, ki prikazuje kje vse se je izdelek nahajal in v kakšnih temperaturah je bil hranjen.

Za podporo procesa v hladilnici, sta bili v pilotni izvedbi izdelani dve aplikaciji, Portal in ImpinjTLRead. Portal upravlja z RFID vrati, zaznava EPC kode, ki pridejo v in zapustijo hladilnico ter pošlje vse zaznane EPC kode na strežnik, kjer se shranijo v EPCIS podatkovno bazo. ImpinjTLRead skrbi za povezovanje z RFID vrati in branje ter prikaz temperatur shranjenih v pametnih RFID značkah. Obe rešitvi imata nekaj slabosti:

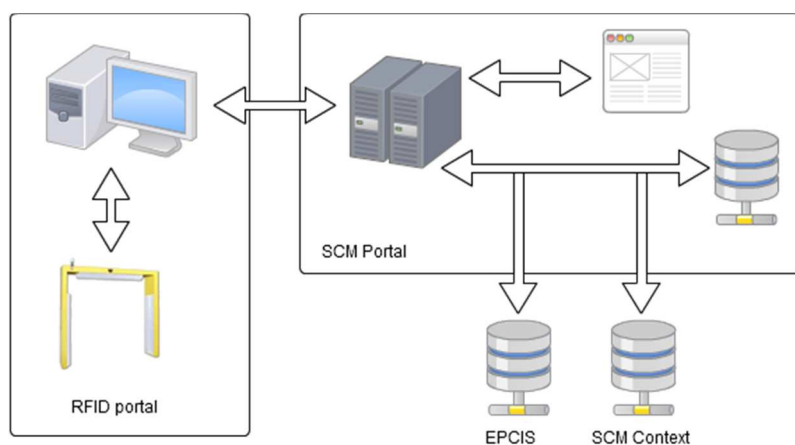
- Implementirani sta bili kot namizni aplikaciji. To pomeni, da je za njuno delovanje potreben namenski računalnik v bližini RFID vrat, ki bo ves čas prižgan.
- Pregled temperatur in trenutno prebranih EPC kod je možen samo na enem mestu.
- Aplikaciji za delovanje potrebujeta pogosto interakcijo z uporabnikom. Implementirani sta kot ločeni aplikaciji. Ker lahko z RFID vrati naenkrat upravlja zgolj ena aplikacija, je potrebno pogosto preklapljanje med aplikacijama za branje EPC kod ali temperatur.
- Prebrani temperaturni podatki so dostopni zgolj za čas delovanja aplikacije. Za kasnejši pregled temperatur je potrebno ponovno prebrati posamezno pametno RFID značko.

Poglavje 3 RFID sistem sledljivosti

Za zajem, pregled in obdelavo podatkov v procesu skladiščenja je bil zasnovan RFID sistem, ki v lokalnem omrežju vključuje internetno povezavo RFID vrat z osebnim računalnikom in strežnikom. Upoštewane so bile naslednje zahteve:

- Izvajanje aplikacij je neodvisno od lokacije zajema in ne zahteva namestitve računalnika v hladilnici.
- RFID sistem deluje avtonomno in z minimalnimi zahtevami za interakcijo uporabnika ob vklopu sistema in kasnejši uporabi ob sprejemu ter izdaji produktov.
- Vsi podatki, ki so zajeti v hladilnici, se hranijo v podatkovni bazi na strežniku.
- Upravljanje aplikacij, izvajanje operacij in pregled podatkov je možno preko brskalnika na vsakem računalniku ali mobilni napravi v internetnem omrežju.

Slika 3.1 prikazuje arhitekturo RFID sistema za zajem in pregled podatkov. Sestavljena je iz dveh delov, imenovanih RFID portal in SCM Portal.



Slika 3.1 Shema RFID sistema

RFID portal je del RFID sistema, ki se nahaja na lokaciji za zajem podatkov. Sestavljen je iz strojne opreme imenovane RFID vrata (čitalec RFID in antene priključene na njega) in namizne aplikacije imenovane RFID Portal, ki upravlja RFID vrata. Upravljanje RFID vrat ni bilo

mogoče prenesti v spletno aplikacijo, saj bi to povzročilo nepotrebne zaplete (konfiguracija omrežja kjer se nahaja aplikacija RFID portal in lahko bi upravljali zgolj ena RFID vrata na vsaki lokaciji), ter varnostne luknje (RFID vrata bi morala biti dosegljiva v internetnem omrežju). RFID Portal pridobi zajete podatke iz RFID vrat in jih posreduje spletni aplikaciji SCM Portal.

SCM Portal je spletna aplikacija, ki služi spreminjanju nastavitev čitalcev, shranjevanju podatkov pridobljenih iz RFID Portala v svojo podatkovno bazo in prikazu le teh v spletnem brskalniku, kar pomeni, da so kadarkoli in kjerkoli enostavno vidni tudi na mobilnih napravah. Za prikaz podrobnosti o posameznem produktu, se povezuje s podatkovno bazo ločene aplikacije imenovane SCM Context. Prav tako se mora povezovati s podatkovno bazo EPCIS, kamor shranjuje vse zaznane EPC kode in njihovo stanje.

SCM Context je spletna aplikacija, ki je bila razvita v diplomski nalogi [6] in se navezuje na projekt RFID-F2F. V njej podjetja upravljajo z identifikatorji (lokacije, izdelki, sredstva), vnašajo podatke in pregledujejo temperature v katerih je bil shranjen določen izdelek. SCM Portal aplikacija se povezuje na SCM Context podatkovno bazo za pridobivanje podatkov:

- Podrobnosti o posameznem zaznanem produktu ali sredstvu. SCM Portal aplikacija ne more iz EPC kode produkta oz. sredstva razbrati, kakšno je ime podjetja kateremu pripada in kako se imenuje, zato mora te podatke pridobiti iz aplikacije SCM Context.
- Uporabniški podatki. V izogib podvajanju funkcionalnosti, se podatki za prijavo uporabnikov v SCM Portal aplikacijo preverjajo v SCM Context podatkovni bazi. Ta ima že narejeno registracijo in urejanje uporabnikov, kar pomeni, da je potrebno kreiranje uporabnika samo na enem mestu za obe aplikaciji.

EPCIS repozitorij je podatkovna baza za shranjevanje podatkov o sledljivosti. Njeno delovanje je definirano z GS1 standardom EPCIS [7], katerega cilj je izmenjava podatkov o sledljivosti med popolnoma nepovezanimi aplikacijami. EPCIS definira odprte in standardizirane vmesnike (ang. interface), ki omogočajo enostavno integracijo storitev (ang. service) v svoje poslovne procese.

3.1 Strojna oprema

Sistem RFID, ki je nameščen na vhodu v hladilnico, predstavljajo RFID vrata, ki jih sestavljajo čitalec, antene, stikalo in semafor. Skrbijo za identifikacijo objektov, ki so označeni z RFID značkami ali nalepkami. Primer postavitve RFID vrat je prikazan na sliki 3.2.



Slika 3.2 RFID vrata

Čitalec RFID je osrednja naprava, ki upravlja z vsemi ostalimi enotami in skrbi za komunikacijo z RFID Portal aplikacijo. Uporabljen je čitalec podjetja Impinj model Speedway revolution R420 [8], ki lahko zapisuje in bere podatke iz UHF RFID čipov druge generacije, ki ustrezajo standardu ISO 18000-6C. Nanj so lahko priključene do 4 antene (oz. 32 z ustreznim razdelilcem) za zaznavanje RFID čipov, GPIO modul s splošnimi vhodno izhodnimi napravami (semafor, stikalo) in ethernet priključek preko katerega poteka komunikacija z aplikacijo RFID Portal.

Antene čitalca oddajajo elektromagnetne valove [9], ki se lahko po prostoru širijo odvisno od polarizacije antene:

- Linearna polarizacija: Valovi se širijo naravnost. Take antene imajo dolg doomet in ozek obseg zaznavanja, zato so najprimernejše takrat, ko je postavitve RFID značk vnaprej znana.
- Krožna polarizacija: Valovi se širijo krožno. Take antene imajo krajši doomet in širši obseg zaznavanja, zato so najprimernejše takrat, ko postavitve RFID značk ni vnaprej znana.

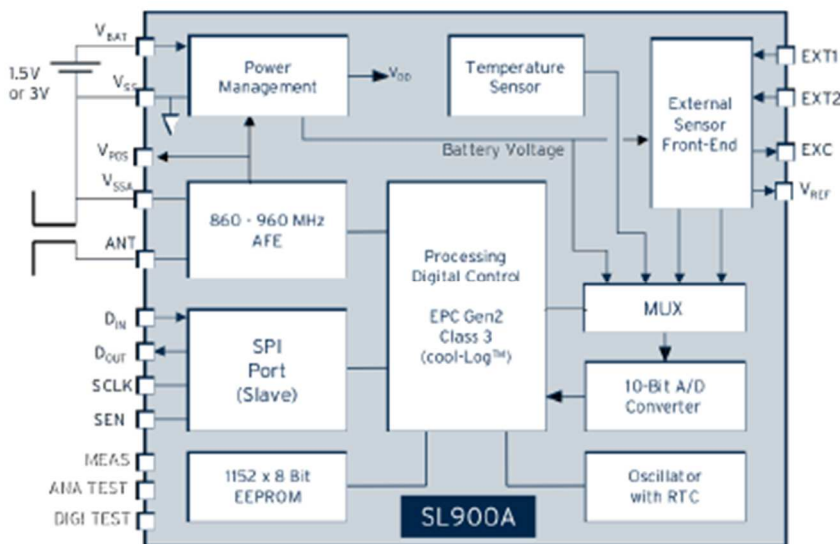
Oddani elektromagnetni valovi se pretvorijo v tok na anteni, ki obkroža RFID čip, kar ustvari potrebno napetost za delovanje čipa. Ta pripravi odgovor (npr. identifikacijska oznaka), ga

pošlje nazaj antenam, ki ga posredujejo čitalcu, ta pa ga pretvori v uporabne podatke. Uporabljene so antene podjetja Laird technologies [10].

GPIO (General Purpose Input Output) modul je elektronsko vezje podjetja Impinj [11]. Povezano je z RFID čitalcem in omogoča komunikacijo z vhodno izhodnimi napravami. Semafor prikazuje v kakšnem stanju se nahajajo RFID vrata, stikalo pa omogoča izbiro enega od stanj:

- **V pripravljenosti:** Čitalec lahko v odvisnosti od nastavitve miruje ali pa zaznava temperaturo okolice. Stikalo je v položaju 0, na semaforju gori rumena luč.
- **Sprejem:** Čitalec bere RFID čipe, pričakuje se prihod produktov v skladišče. Stikalo je v položaju 1, na semaforju sta prižgani rumena in zelena luč.
- **Izdaja:** Čitalec bere RFID čipe, pričakuje se iznos produktov iz skladišča. Stikalo je v položaju 2, na semaforju sta prižgani rumena in rdeča luč.

Za merjenje temperatur so bile uporabljene tim. pametne značke, ki so pravzaprav RFID zapisovalniki podatkov (ang. RFID data logger). SL900A [12] je UHF Class 3 Gen 2 RFID čip (slika 3.3). Vgrajen ima temperaturni senzor, ki meri v območju od -20°C do 60°C z natančnostjo $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ in uro realnega časa (ang. RTC (Real Time Clock)), ki sproži merjenje temperatur. Podpira tudi do dva zunanja senzorja.



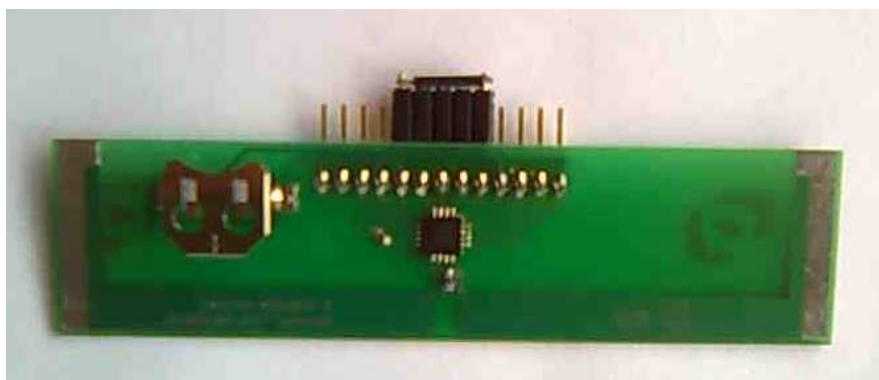
Slika 3.3 RFID čip SL900A [12]

Napaja se lahko pasivno preko elektromagnetnih valov RFID anten v primeru komunikacije z RFID čitalcem, ali aktivno preko baterije pri shranjevanju temperatur v pomnilnik.

Deluje v frekvenčnem območju 860 do 960 MHz in je tako združljiv z vsemi RFID čitalci ne glede na področje delovanja. Vgrajen ima EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) pomnilnik velikosti 9216 bitov, od katerega je 8400 bitov namenjenih shranjevanju uporabniških podatkov, ostali pa so namenjeni upravljanju čipa. Pomnilnik je sestavljen iz blokov velikosti 16 bitov. V njem je shranjena EPC koda, ki je potrebna za enolično identifikacijo v procesu sledljivosti in zaseda 96 bitov pomnilnika.

Vsak zapis temperature zasede 10 bitov pomnilnika, kar pomeni, da lahko čip shrani do 840 temperatur. Čip podpira več različnih zapisov senzorskih podatkov v uporabniški pomnilnik: zgolj temperature, temperature in podatki o bateriji, temperature in en zunanji senzor, itd. Za beleženje temperatur v hladni verigi, so potrebne zgolj informacije o temperaturah, zato je ves uporabniški prostor namenjen temperaturnim podatkom.

V diplomski nalogi so bili uporabljeni testni moduli s čipom SL900A (slika 3.4). Poimenovani so bili TempLog in unikatno označeni z EPC kodo za identifikacijo opreme v sistemu sledljivosti in hladne verige.



Slika 3.4 TempLog

3.2 Tehnologije

RFID Portal je namizna Windows aplikacija, napisana v C# programskem jeziku in razvita v razvojnem okolju Visual studio. Za delovanje se uporabljajo tudi zunanje knjižnice fastJSON, WebSocket4Net in Impinj Octane SDK.

SCM Portal je spletna aplikacija, napisana v Java programskem jeziku, razvita v razvojnem okolju Eclipse in je nameščena na aplikacijskem strežniku GlassFish. Za shranjevanje podatkov uporablja podatkovno bazo MySQL, za enostavnejši prikaz podatkov pa JavaScript knjižnico jQuery.

3.2.1 Programski jeziki in protokoli

C#

C# [13] je programski jezik, ki ga je leta 2000 začelo razvijati podjetje Microsoft v sklopu svojega .Net ogrodja (ang. framework). Zadnja verzija jezika je C# 5.0 in je izšla 15. avgusta 2012. Je močno tipiziran (ang. strongly typed) ter objektno usmerjen jezik, katerega cilj je enostavnost, modernost in splošna uporabnost, zaradi katere je primeren za pisanje visoko ter nizko nivojskih aplikacij.

C# je bil v začetku razvoja skoraj enak jeziku Java, ki je imel poleg jezika C++ velik vpliv na arhitekturo. S časom, se je ta podobnost pričela zmanjševati, saj sta jezika ubrala drugačne koncepte. Med drugim se je uveljavila bistveno drugačna implementacija generikov v obeh jezikih, uvedba LINQ razširitev, lambda izrazov in anonimnih tipov. S časom na C# ni več vplivala Java, ampak tudi C# na Javo, saj je ta uporabil nekatere koncepte iz tega jezika.

Java

Java [14] je visoko nivojski programski jezik, ki ga je razvilo podjetje Sun Microsystems. Jezik sledi principu WORA (ang. Write Once, Run Anywhere), kar pomeni, da se lahko programsko kodo poganja na več različnih platformah brez večjih sprememb. Javanska koda se namesto v strojno kodo, prevede v »Java byte-code« navodila, ki jih razume navidezni stroj JVM (Java Virtual Machine). Ta je napisan za posamezno platformo in izvaja dana navodila glede na svoje okolje. Java je objektni jezik in sintaktično podoben C++ ter C#.

WebSocket

WebSocket [15] je protokol, ki omogoča istočasno dvosmerno komunikacijo preko TCP (Transmission Control Protocol) povezave. Ustvarjen je bil za implementiranje v spletne aplikacije, ki za delovanje potrebujejo brskalnik in spletni strežnik, a se ga lahko uporabi v katerikoli aplikaciji, ki deluje kot odjemalec ali strežnik. WebSocket API (Application Programming Interface) je v postopku standardizacije preko skupnosti W3C (World Wide Web Consortium), WebSocket protokol pa preko IETF (Internet Engineering Task Force).

3.2.2 Programska okolja in orodja

Microsoft Visual Studio

Je programsko razvojno okolje [16] za pisanje namiznih, mobilnih in spletnih aplikacij v več različnih programskih jezikih. Prva verzija je bila izdana leta 1995, trenutno najnovejša verzija

pa je Visual Studio 2013. Vgrajeno ima podporo za programske jezike C, C++, C#, Visual basic in F#. Podporo za ostale jezike (npr. Python, Ruby) se lahko doda preko dodatkov. Najpogosteje se uporablja za razvoj aplikacij v C# programskem jeziku.

Eclipse

Eclipse [17] je zastojno razvojno okolje narejeno v programskem jeziku Java, kar mu omogoča delovanje na več platformah. Namenjeno je izdelovanju namiznih, mobilnih in spletnih aplikacij v različnih programskih jezikih, najpogosteje pa se uporablja za pisanje Javanskih aplikacij.

GlassFish

GlassFish [18] je zastojni aplikacijski strežnik za Java EE spletne aplikacije, ki ga je razvilo podjetje Sun Microsystems, in prevzelo podjetje Oracle. Velja za referenčno implementacijo Java EE aplikacijskega strežnika, ki določa kako morajo tehnologije Java EE delovati. Tako ima podporo za vse glavne funkcije, ki jih mora podpirati: EJB, JPA, JavaServer Faces, JMS, RMI, JSP, servleti itd.

MySQL

MySQL [19] je ena izmed najbolj razširjenih odprtokodnih podatkovnih baz, namenjena shranjevanju večje količine strukturiranih podatkov. Je relacijska podatkovna baza, kar pomeni da so vsi podatki predstavljeni kot spiski podatkov, združeni med sabo z relacijami.

MySQL nima vgrajenega okolja za upravljanje, zato se uporabljajo druga orodja. Najpogosteje je temu namenjen MySQL Workbench [20], ki je zastojno integrirano orodje za upravljanje z MySQL podatkovno bazo s pomočjo grafičnega vmesnika. Preko tega je možno hitro izvajanje poizvedb, spreminjanje podatkov in modeliranje podatkovnega modela.

3.2.3 Knjižnice

fastJSON

Je odprto-kodna zunanja knjižnica [21], za pretvarjanje zapisov iz JSON notacije v objekte in iz objektov v JSON notacijo. C# programski jezik ima sicer vgrajeno podporo za to funkcionalnost, ampak je implementirana verzija zelo omejena in počasna, zato je bila uporabljena zunanja knjižnica.

Impinj Octane SDK

Je skupek zunanjih knjižnic [22], ki jih je podjetje Impinj napisalo v .NET tehnologiji. S pomočjo teh knjižnic je izvedeno celotno upravljanje strojne opreme podjetja Impinj, s čimer je odpravljena potreba po upravljanju strojne opreme na nizkem (strojnem) nivoju. Knjižnice se lahko uporabijo za razvoj aplikacij napisanih v C# programskem jeziku.

WebSocket4Net

Je zunanja knjižnica [23], ki vsebuje odjemalca za websocket komunikacijo v .Net. Izpeljan je iz projekta SuperWebSocket [24], ki vsebuje odjemalca in strežnik za 'websocket' komunikacijo. C#.Net ima sicer vgrajeno podporo za 'websocket' komunikacijo, a je ta bila dodana šele z zadnjo verzijo (.Net 4.5), ki ne deluje na starejših računalnikih (Windows XP) zato je bilo potrebno uporabiti zunanjo knjižnico.

jQuery

Je najbolj razširjena knjižnica programskega jezika JavaScript [25]. Vsebuje veliko funkcij, ki se zelo pogosto uporabljajo, zato jih ni potrebno vsakič na novo pisati. Prav tako skrbi za enako delovanje kode v vseh brskalnikih, kar je pri razvoju spletnih aplikacij pogost problem. Tako se za razvoj spletnih aplikacij prihrani veliko časa, ki ga lahko razvijalci namenijo reševanju drugih problemov.

Za razvoj SCM Portal aplikacije je bila uporabljena prilagojena verzija jQuery imenovana jQuery mobile [26]. Ta vsebuje gradnike, ki so prilagojeni prikazu na mobilnih napravah z zasloni na dotik, kar je pričakovan način uporabe same aplikacije.

3.3 Aplikacija RFID Portal

Za upravljanje RFID vrat je potrebna programska oprema. V ta namen je bila razvita aplikacija z imenom RFID Portal, ki pred začetkom delovanja vzpostavi povezavo s spletno aplikacijo SCM Portal. Pridobiti mora seznam vseh čitalcev, na katere se lahko poveže. Za vsakega od njih pridobi nastavitve (IP naslov čitalca in nastavitve posamezne antene (moč in ali je vklopljena ali ne)), ki so potrebne za inicializacijo in njegovo delovanje. Ta povezava je aktivna ves čas delovanja in se uporablja za posredovanje podatkov, ki jih čitalec bere v času delovanja.

Aplikacija RFID Portal ima za upravljanje RFID vrat definirane naslednje funkcije:

- **Inicializacija:** Čitalcu mora nastaviti splošne nastavitve (delovanje anten, stikala ter luči). Ob inicializaciji se RFID vrata postavijo v stanje pripravljenosti.

- **Spreminjanje stanja:** Ob spremembi položaja stikala, čitalec pošlje signal RFID Portalu. Ta mora glede na novi položaj ustrezno spremeniti način delovanja RFID vrat, nastaviti luči na semaforju in SCM Portalu javiti novo stanje.
- **Branje podatkov:** Kadar čitalec prebere podatke (EPC kode, temperaturni podatki), jih pošlje aplikaciji RFID Portal. Ta jih mora obdelati (preveriti, če je bila EPC koda že zaznana v tem stanju ter pretvoriti temperaturne podatke v stopinje Celzija) in posredovati SCM Portalu.
- **Branje temperature okolice:** Kadar so za izbrani čitalec prisotni podatki o preverjanju temperature okolice (EPC koda TempLoga, interval branja temperatur), mora RFID Portal v stanju pripravljenosti poskrbeti za njihovo branje iz spomina TempLoga.
- **Prijava uporabnikov:** Če ima izbrani čitalec v nastavitvah izbrano prijavo uporabnika, mora RFID Portal pred spremembo stanja na sprejem ali izdajo zahtevati, da se uporabnik prijavi z veljavnimi uporabniškimi podatki iz SCM Context podatkovne baze. To se izvede preko za to namenjene četrte antene s kartico, ki vsebuje uporabnikovo EPC kodo.

Za realizacijo opisanih nalog bo RFID Portal potreboval naslednja polja:

- **SCM Portal strežnik:** Vnosno polje za naslov SCM Portal aplikacije, na katerega bo vzpostavljena povezava.
- **Poveži:** Gumb za vzpostavitev povezave s SCM Portal aplikacijo.
- **Prekini:** Gumb za prekinitev povezave s SCM Portal aplikacijo.
- **Čitalec:** Spustni seznam za izbiro RFID čitalcev. Seznam se napolni po uspešno vzpostavljeni povezavi z aplikacijo SCM Portal.
- **Začni branje:** Gumb za vklop in inicializacijo izbranega čitalca.
- **Ustavi branje:** Gumb za izklop izbranega čitalca.
- **Izpis napak:** Polje za izpis napak, obvestil ali opozoril uporabniku.

Polja in izgled aplikacije so prikazani na sliki 3.5. RFID Portal je pripravljen za delo po uspešno vzpostavljeni povezavi na strežnik in uspešnem zagonu izbranega RFID čitalca.



Slika 3.5 Izgled RFID Portal aplikacije

3.3.1 Delovanje RFID Portala

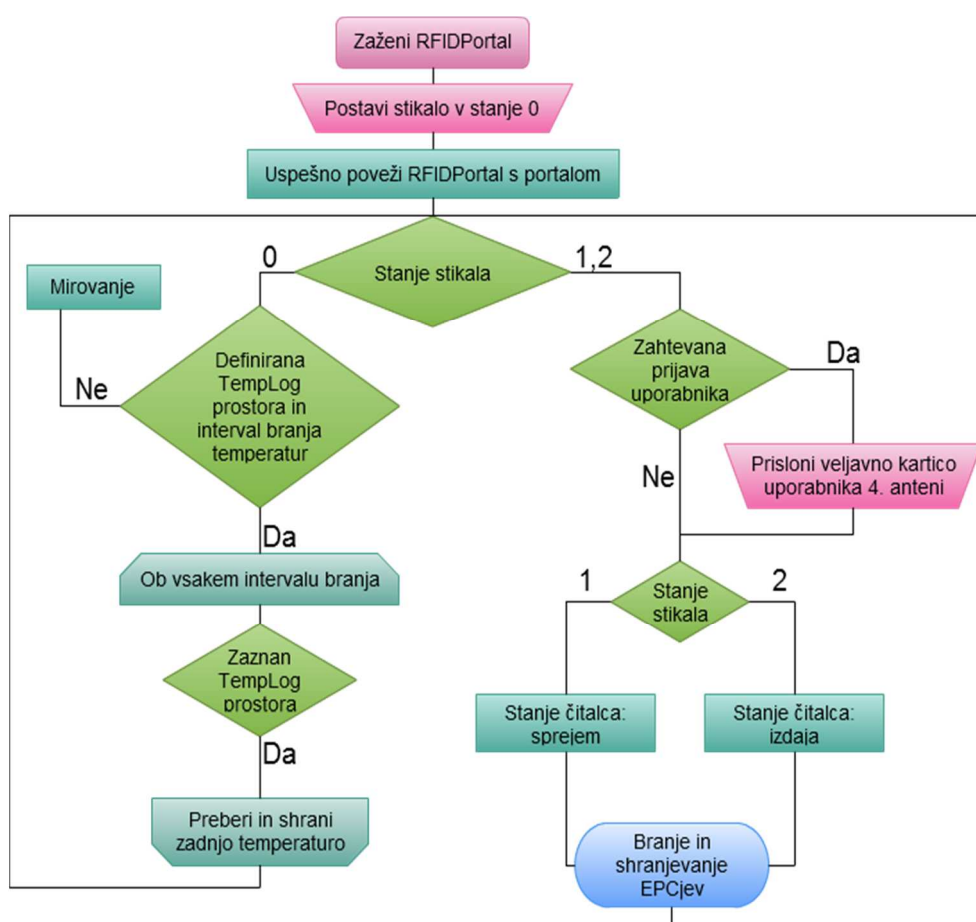
Delovanje RFID Portala in izvajanje zahtevanih nalog sta opisana v diagramu na sliki 3.6. Ob zagonu aplikacije morajo biti RFID vrata v stanju pripravljenosti, zato je potrebno preveriti ali je stikalo postavljeno v stanje 0. Po uspešnem postopku povezovanja RFID Portala s čitalcem, se obnašanje in delovanje programa spreminja glede na stanje stikala.

Kadar je stikalo postavljeno na 0, bo sistem v odvisnosti od nastavitev izvajal eno izmed dveh operacij. Če sta v nastavitvah čitalca definirana TempLog prostora (EPC koda) in interval branja temperatur, bo sistem prebral temperaturo prostora ob poteku intervala, v nasprotnem primeru bo samo miroval. Za branje temperatur prostora, bo sistem najprej 2 sekundi zaznaval EPC kode TempLogov. Če je med njimi najdena EPC koda definiranega TempLoga, se bodo iz njega brale temperature. Izmed teh, bo zadnja prebrana temperatura skupaj s časom branja in podatki čitalca, ki jo je prebral, poslana SCM Portal aplikaciji, ki bo podatke shranila v podatkovno bazo. Tako prebrane temperature lahko uporabnik izvozi v CSV datoteko na strani »Sprejem / Izdaja« SCM Portal aplikacije.

Kadar je stikalo postavljeno na 1 je sistem v stanju sprejema oz. v stanju izdaje, če je stikalo postavljeno na 2. Ob preklopu na ti dve stanji, se najprej preveri, če je potrebna identifikacija uporabnika. Če ta ni potrebna, se bo nadaljevalo preverjanje stanja stikala RFID vrat, v nasprotnem primeru bo sistem miroval dokler se uporabnik ne identificira. V ta namen imajo uporabniki RFID kartice, na katerih je zapisana njihova enolična EPC koda. Ko uporabnik približa kartico anteni namenjeni identifikaciji, se iz nje prebere EPC koda (GSRN) in uporabi

za preverjanje v SCM Context aplikaciji. Če uporabnik s tako kodo obstaja v podatkovni bazi, se nadaljuje preverjanje stanja stikala za določanje operacije.

Zatem se RFID vrata nastavijo na branje EPC kod v prostoru. RFID vrata jih bodo brala, dokler uporabnik ne postavi stikalo nazaj v stanje pripravljenosti. Vse zaznane EPC kode čitalec pošlje RFID Portalu, ki jih obdela in pod določenimi pogoji posreduje SCM Portal aplikaciji.



Slika 3.6 Diagram uporabe RFID Portala

Ker RFID Portal deluje kot vmesnik med čitalcem in aplikacijo SCM Portal, mora za svoje delovanje uspešno vzpostaviti povezavo z obema. Ob zagonu programa se najprej povežeta RFID Portal in SCM Portal preko 'websocket' vmesnika. Diagram je predstavljen na sliki 3.7.

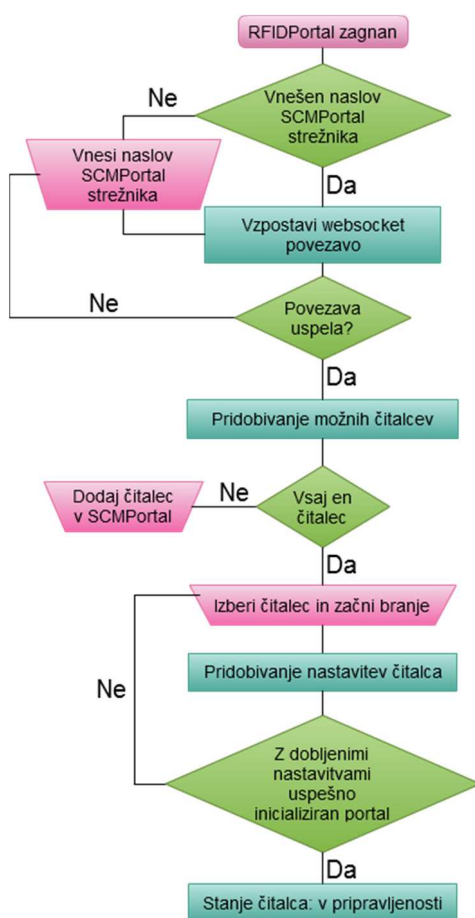
Povezava je potrebna za pridobitev seznama čitalcev, ki so na voljo. V vnosno polje »SCM Portal strežnik« je potrebno vnesti naslov na katerem se nahaja SCM Portal aplikacija in s klikom na gumb »Poveži« vzpostaviti povezavo. Če povezava ni uspešna, mora uporabnik preveriti vnešen naslov in ga popraviti oz. preveriti, če je SCM Portal dosegljiv. Po uspešni povezavi se v nastavitve RFID Portala shrani uporabljeni naslov. Tako si program zapomni na

kateri naslov se je nazadnje povezal in bo ob naslednjem zagonu samodejno začel proces povezovanja na ta naslov.

V naslednjem koraku RFID Portal iz SCM Portal aplikacije pridobi seznam možnih čitalcev in z njimi napolni spustni seznam »Čitalec«. Če noben čitalec ne obstaja, se uporabniku izpiše opozorilo naj v SCM Portal aplikaciji ustvari novega. Uporabnik mora iz spustnega seznama izbrati tisti čitalec, ki vsebuje primerne nastavitve za RFID vrata na katera se hoče povezati. Po izbiri ustreznega, sproži poskus povezave na dani čitalec z gumbom »Začni branje«. RFID Portal najprej pridobi potrebne nastavitve za izbrani čitalec iz SCM Portal aplikacije:

- Naslov IP čitalca.
- Podatke o posameznih vklopljenih antenah in njihove moči.

Če povezava z danimi nastavitvami uspe, delovanje RFID Portala nadaljuje, kot je opisano v diagramu na sliki 3.6, v nasprotnem primeru mora uporabnik preveriti nastavitve ali izbrati drug čitalec.



Slika 3.7 Diagram povezovanja RFID Portala s SCM Portalom

Kadar so RFID vrata v stanju sprejema oz. izdaje, bodo ta pripravljena za branje. Ko bodo EPC kode zaznane, bo čitalec poslal signal, ki bo v RFID Portalu sprožil dogodek. V tem dogodku se bo EPC koda obdelala v odvisnosti od opredeljenih zahtev in če ustreza pogojem identifikacije poslala v SCM Portal, skupaj z ostalimi podatki. Opis postopka je predstavljen na sliki 3.8.

Čitalec v stanju sprejema oz. izdaje stalno zaznava in vsakič sproži dogodek za vse prebrane kode, ki bi jih morala aplikacija RFID Portal posredovati aplikaciji SCM Portal. Določena koda je lahko zaznana večkrat in bi jo bilo zato potrebno tudi poslati večkrat. Ker sta aplikaciji RFID Portal in SCM Portal ločeni z internetnim omrežjem, bi to bilo v določenih primerih potratno (počasna povezava, zaračunavanje po porabi), zato mora RFID Portal poslati samo novo zaznane kode. RFID Portal po preklopu RFID vrat v stanje zaznavanja (sprejem oz. izdaja) ustvari lokalno zbirko, kamor shranjuje novo zaznane kode. Ko čitalec pošlje zaznano kodo, RFID Portal preveri, če je že bila dodana v lokalno zbirko. Če še ni bila, jo doda in pošlje aplikaciji SCM Portal, v nasprotnem primeru pa jo preneha obdelovati. Ob preklopu RFID vrat nazaj na stanje pripravljenosti se lokalna zbirka sprazni. Obdelovanje novih kod se dalje razdeli odvisno od tipa.

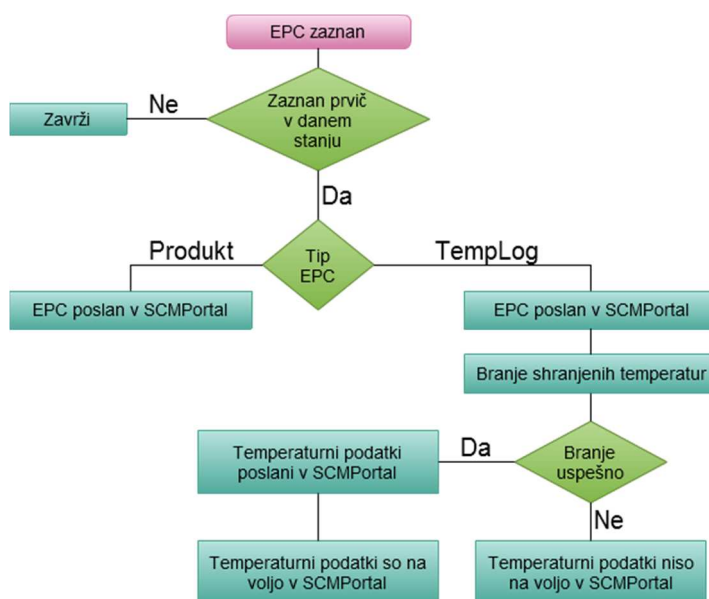
Če je portal zaznal EPC kodo produkta, jo je potrebno samo poslati v SCM Portal preko 'websocket' protokola in shraniti. Če pa je bil zaznan TempLog, je potrebno iz njega še prebrati temperature, ki jih je shranil. Tako je v SCM Portal najprej poslana samo EPC koda, zatem pa se prične z branjem temperature. Pri branju temperatur je potrebno upoštevati nekaj omejitev strojne opreme:

- Naenkrat lahko čitalec deluje samo v enem načinu. Ker je branje podatkov iz modula TempLog drugačen način delovanja kot zaznavanje EPC kod, je potrebno v tem primeru prekiniti branje EPC kod, prebrati podatke nato pa ponovno zagotoviti branje EPC kod. V času branja temperatur se ugasnejo vse luči na portalu in s tem označujejo drug način delovanja.
- Čitalec lahko izvaja branje temperatur samo preko ene antene, ki se nastavi ob preklopu načina delovanja. Zraven vsake EPC kode pride tudi informacija katera antena jo je zaznala. Tako je izbrana za branje podatkov iz TempLoga antena, ki je prva zaznala kodo, ker je ta najverjetneje najbližja in ima največjo verjetnost uspešnega branja.
- Čitalec lahko v enem koraku prebere največ 32 šestnajst bitnih besed. Ker lahko TempLog v pomnilnik shrani do 525 šestnajst bitnih besed, je potrebno podatke brati v več korakih in po manjših delih. Če eden izmed teh dostopov ne uspe, je neuspešno branje vseh podatkov.

Za zapis ene temperature je potrebnih 10 bitov kar pomeni, da lahko TempLog shrani do 840 temperatur. Ob preklopu na branje temperatur, se iz pomnilnika TempLoga preberejo vsi podatki v šestnajstiškem zapisu. Iz šestnajstiškega zapisa se vse pretvori v dvojiški zapis, zaradi pretvarjanja temperatur in združi v en niz podatkov, ki se razdeli na enake dele po 10 bitov in obdela od začetka niza dalje (v takem vrstnem redu se shranjujejo temperaturni zapisi). Za vsak del se preveri, če je enak zaporedju bitov »0000000000«. Če je enak pomeni, da v tem ter vseh nadaljnjih delih ni več temperaturnih zapisov in se lahko preneha z branjem, v nasprotnem primeru pa pomeni, da obstaja temperaturni zapis in ga je potrebno pretvoriti. Danih 10 bitov se pretvori v celo desetiško število in vstavi v enačbo 3.1, kot spremenljivko X. Rezultat enačbe je vrednost v stopinjah Celzija.

$$^{\circ}\text{C} = X * 0,18 - 89,3 \quad (3.1)$$

Ker je lahko, zaradi prehitrega premikanja TempLoga ali napak pri branju postopek neuspešen, je operacija branja posameznega TempLoga omejena na 5 sekund. Če v tem času niso prebrane vse temperature, bo v SCM Portalu vidna samo EPC koda TempLoga brez podatkov o temperaturi. Če je branje uspešno se vse prebrane temperature pošljejo v SCM Portal in shranijo.



Slika 3.8 Diagram zaznavanja EPC kod

3.4 Spletna aplikacija SCM Portal

SCM Portal je spletna aplikacija, ki vsebuje naslednje funkcionalnosti:

- Dodajanje, urejanje in odstranjevanje nastavitev čitalcev.

- Sprejem EPC kod iz aplikacije RFID Portal in zapis le teh v podatkovno bazo.
- Pretvorba sprejetih EPC kod v EPCIS dogodke in shranjevanje v EPCIS repozitorij.
- Sprejem temperaturnih meritev prostora, zapis le teh v podatkovno bazo in izpis v datoteko CSV (Comma Separated Value).
- Prikaz sprejetih EPC kod in pripadajočih temperaturnih meritev (če gre za TempLog). SCM Portal iz EPC kode razbere šifro podjetja in produkta, iz podatkovne baze SCM Context pa pridobi vrednosti, ki predstavljajo te šifre.
- Prijava uporabnika za uporabo aplikacije. Podatki o uporabnikih so shranjeni v SCM Context podatkovni bazi.

3.4.1 Načrtovanje spletne strani

SCM Portal je za izvedbo opisanih funkcionalnosti razdeljen na več strani:

- Prijava uporabnika.
- Vstopna stran (Domov).
- Nastavitve čitalcev.
- Sprejem / Izdaja.
- Nastavitve aplikacije.

Ob vsakem dostopu do spletne aplikacije se preveri, če je v aplikacijo prijavljen veljaven uporabnik. Če ni, se ga preusmeri na stran za prijavo uporabnika prikazan na sliki 3.9, kjer mora vnesti uporabniško ime in geslo, ki ga uporablja za dostop do SCM Context spletne aplikacije, saj se ti podatki dodajajo ter urejajo preko le te in hranijo v njeni podatkovni bazi. Če so prijavni podatki napačni ali uporabnika ni v bazi, se izpiše opozorilo »Napačno uporabniško ime ali geslo«.



logo

Prijava uporabnika

Slika 3.9 Stran za prijavo uporabnika

3.4.1.1 Vstopna stran aplikacije (Domov)

Po uspešni prijavi uporabnika se odpre vstopna stran (slika 3.10). V tabeli je prikazan spisek vseh čitalcev, ki so bili dodani. Vsak čitalec je prikazan v svoji vrstici in vsebuje naslednje stolpce:

Id: Identifikacijska številka čitalca.

Ime: Kratko ime čitalca za prikaz v spletni aplikaciji.

Opis: Daljši opis čitalca za lažje razpoznavanje čitalcev.

Izbran: Radijski gumb (ang. radio button). Vsaka vrstica ima svojega, ampak izbran je lahko samo eden izmed njih. Služi izbiri čitalca, ki se bo uporabljal za prikaz na nekaterih straneh znotraj spletne aplikacije.

Stanje: Semafor za trenutni prikaz stanja portala, ki vključuje 3 stanja:

- Rdeča barva: portal je ugasnjen.
- Siva barva: portal je v stanju pripravljenosti.
- Zelena barva: portal je v stanju sprejema oz. izdaje.

Urejanje: Vsebuje 2 gumba za upravljanje čitalcev:

- Uredi: odpre stran »Urejanje čitalcev«, kjer se spreminjajo nastavitve čitalca.
- Briši: izbriše čitalec.

Na vrhu strani je gumb »Dodaj čitalec«, ki odpre prazno stran »Urejanje čitalcev«, kjer lahko uporabnik doda nov čitalec.

Id	Ime	Opis	Izbran	Stanje	Urejanje

Slika 3.10 Vstopna stran

Dodajanju in urejanju čitalcev je namenjena stran prikazana na sliki 3.11. Pri dodajanju čitalca se prikaže zaslonska maska (ang. form) brez podatkov, v nasprotnem primeru pa je napolnjena s podatki izbranega čitalca. Zaslonska maska vsebuje naslednja polja:

Ime čitalca: Vnosno polje za kratko ime čitalca. Polje je obvezno.

Opis čitalca: Vnosno polje za daljši opis čitalca. Polje je obvezno.

Naslov čitalca: Vnosno polje za IP naslov čitalca, na katerega se bo RFID Portal povezal in z njim upravljal. Polje je obvezno.

Prijava uporabnika: Potrditveno polje (ang. checkbox), ki pove ali se bo moral uporabnik prijaviti na RFID vratih ali ne. Če je polje izbrano se onemogoči potrditveno polje »Antena 4« in pripadajoč drsnik, saj se ta uporablja za identifikacijo uporabnika.

EPCIS URL: Vnosno polje za URL EPCIS repozitorija, na katerega bodo poslani EPCIS dogodki. Polje je obvezno.

Biz location URL: Vnosno polje za '*biz location*', ki se uporablja pri sestavljanju EPCIS dogodkov. Polje je obvezno.

Biz step URL: Vnosno polje za '*biz step*', ki se uporablja pri sestavljanju EPCIS dogodkov. Polje je obvezno.

Read point URL: Vnosno polje za '*read point*', ki se uporablja pri sestavljanju EPCIS dogodkov. Polje je obvezno.

Disposition URL: Vnosno polje za '*disposition*', ki se uporablja pri sestavljanju EPCIS dogodkov. Polje je obvezno.

Antena 1-4: Potrditveno polje in drsnik. S potrditvenim poljem se določa katere izmed štirih anten bodo vklopljene na RFID vratih, z drsnikom pa njihovo moč. Če ob shranjevanju ni vklopljena nobena antena, se uporabniku prikaže opozorilo »Vklopljena mora biti vsaj ena antena.« in prepreči shranjevanje. Če je izbrano polje »Prijava uporabnika« je izbira 4. antene onemogočena.

TempLogL (koda EPC): Vnosno polje za EPC kodo TempLoga, ki je namenjen merjenju temperature prostora. To EPC kodo bo RFID Portal, ko bodo RFID vrata v stanju mirovanja, poskusil poiskati in prebrati vsakih n minut, kjer je n časovni interval, ki je vpisan v polju »Portal reader (min)«.

TmaxL (°C): Številsko vnosno polje za največjo pričakovano temperaturo prostora, ki je prebrana s tem čitalcem. To število je uporabljeno na strani »Sprejem / Izdaja« pri izpisih temperatur.

TminL (°C): Številsko vnosno polje za najmanjšo pričakovano temperaturo prostora, ki je prebrana s tem čitalcem. To število je uporabljeno na strani »Sprejem / Izdaja« pri izpisih temperatur.

TempLogL (min): Številsko vnosno polje za časovni interval v minutah, na katerega je nastavljen TempLog in ob katerem prebere trenutno temperaturo.

Portal reader (min): Številsko vnosno polje za časovni interval v minutah, ob katerem bo RFID Portal, ko bodo RFID vrata v stanju mirovanja, poiskal in poskusil prebrati temperaturo prostora. Ta interval bi se v večini primerov moral ujemati z intervalom v polju »TempLogL (min)«.

Shrani: Gumb, ki sproži shranjevanje vnosne maske. Ob neuspešnem shranjevanju podatkov se proces prekine in opozori uporabnika z razlogom (manjkajoči podatki, napaka pri zapisu v bazo), v nasprotnem primeru pa preusmeri uporabnika na vstopno stran.

Slika 3.11 Stran za dodajanje in urejanje čitalcev

3.4.1.2 Prikaz podatkov (Sprejem / Izdaja)

Prikazu vseh podatkov, ki jih je RFID sistem zaznal, je namenjena stran prikazana na sliki 3.12 in sliki 3.13. Prikazani so podatki točno določenega čitalca, zato se ob vstopu na stran preveri kateri čitalec ima uporabnik izbran. Izbira aktivnega čitalca se izvede na vstopni strani, z izbiro radijskega gumba »Izbran«, v ustrezni vrstici. Če ni izbran noben čitalec se pojavi opozorilno okno, ki prepreči nadaljnje prikazovanje strani in preusmeri uporabnika na vstopno stran.

Na vrhu strani je prikazano stanje portala z naslednjimi polji:

Status čitalca: Prikazno polje, ki prikazuje stanje čitalca:

- **OFF:** RFID vrata so ugasnjena.
- **Pripravljen:** RFID vrata so v stanju pripravljenosti.
- **Skeniranje:** RFID vrata so v stanju skeniranja produktov. Tip skeniranja je prikazan v naslednjem polju.

Proces čitalca: Prikazno polje, ki prikazuje tip skeniranja:

- **Prazno polje:** RFID vrata so ugasnjena ali v stanju pripravljenosti.
- **Sprejem:** RFID vrata so aktivna in sprejemajo izdelke v skladišče.
- **Izdaja:** RFID vrata so aktivna in izdajajo izdelke iz skladišča.

EPCIS standard predvideva več tipov zapisov EPC kod odvisno od namena objekta, ki je označen s to kodo npr. izdelek (SGTIN), podjetje (GLN), sredstva za večkratno uporabo (GRAI). Vsaka koda je sestavljena iz 24 znakov v šestnajstiškem zapisu, ki se pretvori v bitni zapis, kjer ima vsak sklop bitov svoj pomen. SCM Portal sledi dvema tipoma EPC kod.

Produkti – SGTIN: SGTIN zapis se uporablja za označevanje posameznih izdelkov [27]. Za primer vzemimo naslednjo EPC kodo v šestnajstiškem zapisu in njen bitni zapis:

3 0 0 D 6 D 4 3 0 6 8 0 0 A 8 0 0 0 0 F 5 A B C
0011 0000 0000 1101 0110 1101 0100 0011 0000 0110 1000 0000 0000 1010 1000 0000 0000 0000 1111 0101 1010 1011 1100

Bitni zapis je sestavljen iz naslednjih delov:

- **Glava:** Prvih 8 bitov, ki povejo za kateri tip zapisa gre. Ta je za SGTIN 0011 0000.
- **Filter:** Naslednji 3 biti.
- **Particija:** Naslednji 3 biti, ki povejo koliko nadaljnjih bitov je namenjenih kodi podjetja in koliko tipu izdelka. V tem primeru je to 011, kar pomeni, da je za kodo podjetja namenjenih 30 bitov, tipu izdelka pa 14 bitov.
- **Koda podjetja:** Naslednjih 30 bitov je namenjenih GS1 oznaki podjetja.
- **Tip izdelka:** Naslednjih 14 bitov je namenjenih kodi izdelka v EPCIS sistemu.
- **Zaporedna številka izdelka:** Naslednjih 38 bitov je namenjenih zaporedni številki izdelka. Ta enolično označuje točno določen izdelek.

TempLog – GRAI: GRAI zapis se uporablja za označevanje ponovno uporabljivih sredstev [28]. V tem primeru so to TempLogi za merjenje temperatur. Za primer vzemimo naslednjo EPC kodo v šestnajstiškem zapisu in njen bitni zapis:

3 3 0 D 6 D 4 3 0 6 8 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0011 0011 0000 1101 0110 1101 0100 0011 0000 0110 1000 0000 0000 0001 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0001

Bitni zapis je sestavljen iz naslednjih delov:

- **Glava:** Prvih 8 bitov, ki povejo za kateri tip zapisa gre. Ta je za GRAI 0011 0011.

- **Filter:** Naslednji 3 biti.
- **Particija:** Naslednji 3 biti, ki povejo koliko nadaljnjih bitov je namenjenih kodi podjetja in koliko tipu sredstva. V tem primeru je to 011, kar pomeni, da je za kodo podjetja namenjenih 30 bitov, tipu sredstva pa 14 bitov.
- **Koda podjetja:** Naslednjih 30 bitov je namenjenih GS1 oznaki podjetja.
- **Tip sredstva:** Naslednjih 14 bitov je namenjenih kodi sredstva v EPCIS sistemu.
- **Zaporedna številka izdelka:** Naslednjih 38 bitov je namenjenih zaporedni številki sredstva. Ta enolično označuje točno določeno sredstvo.

Prikaz podatkov je odvisen od tipa EPC kode. Privzeto so prikazani produkti, ki so bili zaznani z RFID vrati. Vsi pogledi podatkov imajo tabelo za prikaz podatkov in napredne filtre za podatke v tabeli. Za vsako EPC kodo se pridobijo podrobnosti iz podatkovne baze SCM Context spletne aplikacije. Na sliki 3.12 je prikazan izgled strani za produkte in vsebuje naslednja polja:

TempLog: Gumb za preklop na prikaz strani s podatki o temperaturah zaznanih TempLogov.

Filtri:

- **Izberi proces:** Podatke filtrira za prikaz glede na proces (sprejem, izdaja) v katerem je bila EPC koda prebrana.
- **Poslano v EPCIS?:** Podatke filtrira za prikaz glede na to ali je bil dani podatek pretvorjen v EPCIS dogodek in poslan v EPCIS ali ne.
- **Izberi podjetje:** Podatke filtrira za prikaz glede na podjetje, kateremu pripada dani produkt.
- **Izberi tip produkta:** Podatke filtrira za prikaz glede na tip produkta.

Podatki:

- **EPC:** EPC koda produkta.
- **Podjetje:** Podjetje kateremu pripada dani produkt. Ime podjetja je vzeto iz SCM Context podatkovne baze.
- **Tip produkta:** Tip produkta, ki je bil prebran. Ime je vzeto iz SCM Context podatkovne baze.

- **Datum:** Datum in ura ob kateri je bil produkt prebran.
- **Proces:** Proces ob katerem je bil produkt prebran. Ta je lahko »Sprejem« ali »Izdaja«.
- **EPCIS:** Pove, če je bil dani produkt pretvorjen v EPCIS dogodek in poslan v EPCIS ali ne.
- **Uporabnik:** Uporabniško ime uporabnika, ki je vključil stikalo za sprejem (1) ali izdajo (2). Ta je lahko v odvisnosti od nastavitve čitalca »Prijava uporabnika« prazen (prijava uporabnika ni potrebna) ali pa vsebuje uporabniško ime (prijava uporabnika je potrebna).

Slika 3.12 Pogled za prikaz produktov

Na sliki 3.13 je prikazan izgled strani za prikaz zaznanih RFID zapisovalnikov temperatur in vsebuje naslednja polja:

Produkti: Gumb za preklon prikaza strani na produkte.

Temperature prostora: Gumb za izvoz prebranih temperatur prostora z danim čitalcem v CSV datoteko.

Filtri:

- **Izberi proces:** Podatke filtrira za prikaz glede na proces (sprejem, izdaja) v katerem je bila EPC koda prebrana.
- **Poslano v EPCIS?:** Podatke filtrira za prikaz glede na to ali je bil dani podatek pretvorjen v EPCIS dogodek in poslan v EPCIS ali ne.

- **Izberi podjetje:** Podatke filtrira za prikaz glede na podjetje, kateremu pripada dani TempLog.

Podatki:

- **EPC:** EPC koda TempLoga.
- **Podjetje:** Podjetje kateremu pripada dani TempLog. Ime podjetja je vzeto iz SCM Context podatkovne baze.
- **Datum:** Datum in ura ob kateri je bil TempLog prebran.
- **Proces:** Proces ob katerem je bil TempLog prebran. Ta je lahko »Sprejem« ali »Izdaja«.
- **EPCIS:** Pove, če je bil dani TempLog pretvorjen v EPCIS dogodek in poslan v EPCIS ali ne.
- **Uporabnik:** Uporabniško ime uporabnika, ki je TempLog prepeljal skozi portal. Ta je lahko v odvisnosti od nastavitve čitalca »Prijava uporabnika« prazen (prijava uporabnika ni potrebna) ali pa vsebuje uporabniško ime (prijava uporabnika je potrebna).
- **Temperature:** Vsebuje ikone za podrobnejši pregled temperatur prebranih iz danega RFID zapisovalnika temperatur. V kolikor ni bila prebrana nobena temperatura bo prisotna samo ena ikona, v nasprotnem primeru pa tri.
 - **Semafor:** Prikazuje ali so prebrane temperature v mejah pričakovanega ali ne, v odvisnosti od nastavitvev »TminP« in »TmaxP« v nastavitvah aplikacije. Možne barve so:
 - **Siva:** Prebrana ni bila nobena temperatura. V tem primeru je vidna samo siva ikona semaforja, v ostalih pa vse tri.
 - **Zelena:** Vse prebrane temperature so v mejah pričakovanega.
 - **Rdeča:** Ena ali več prebranih temperatur pade izven meja pričakovanega območja priporočenih temperatur.
 - **Informacije:** Ikona, ki odpre pojavno okno v brskalniku. Prikaže pomembne podatke za hitro preverjanje temperatur.

- **Izvoz:** Ikona, ki izvozi podrobnejše temperaturne podatke danega RFID zapisovalnika temperatur v CSV datoteko.

The screenshot shows a web application interface for TempLog. At the top, there is a navigation bar with tabs: 'logo', 'Domov', 'Sprejem / izdaja', 'Nastavitve aplikacije', and 'Navodila'. Below the navigation bar, the main section is titled 'Prebrani EPC podatki'. It contains several input fields: 'Status čitalca', 'Proces čitalca', and a row of buttons: 'Produkti', 'Izberi proces' (with a dropdown arrow), 'Poslano v EPCIS?' (with a dropdown arrow), 'Izberi podjetje' (with a dropdown arrow), and 'Temperature prostora'. Below these fields is a table with the following columns: EPC, Podjetje, Datum, Proces, EPCIS, Uporabnik, and Temperature. The table currently shows three empty rows.

Slika 3.13 Pogled za prikaz TempLog

3.4.1.3 Nastavitve aplikacije

Poleg nastavitvev za čitalce so potrebne še nastavitve, ki vplivajo na delovanje celotne spletne aplikacije. Urejanju teh je namenjena stran, prikazana na sliki 3.14. Ker so te nastavitve nujne za pravilno delovanje določenih funkcionalnosti, morajo imeti privzete vrednosti, ki se nastavijo, če ni po namestitvi spletne aplikacije noben vnesel željene vrednosti. Zaslonska maska vsebuje naslednje vrednosti:

Čas hranjenja podatkov (h): Številsko vnosno polje za dolžino hranjenja prebranih podatkov v urah (prebrane EPC kode, temperature).

Ker je dolgoročnemu hranjenju podatkov o vseh EPC kodah namenjen EPCIS, bi bilo odvečno te podatke hraniti tudi v SCM Portal aplikaciji. Zato se v SCM Portal aplikaciji vsako uro sproži preverjanje zapisanih podatkov, ki poišče vse, ki so starejši od te nastavitve in so bili uspešno poslani v EPCIS, ter jih pobriše. Uspešno pošiljanje v EPCIS je pomemben pogoj, ker bi v nasprotnem primeru ob raznih napakah (npr. izpad EPCIS strežnika, napaka v SCM Portal aplikaciji) prišlo do izgube podatkov.

Interval pošiljanja EPC kod v EPCIS (min): Številsko vnosno polje za interval v minutah, ob katerem se bodo novo prispeli podatki pretvorili v EPCIS dogodke in poslali v EPCIS podatkovno bazo.

TempLogP (min): Številsko vnosno polje za interval v minutah, na katerega so nastavljeni RFID zapisovalniki podatkov, ki se nahajajo med produkti ter merijo temperaturo.

TminP (°C): Številsko vnosno polje za najmanjšo pričakovano temperaturo produktov. Ta vrednost se uporablja pri prikazu temperaturnih podatkov na strani »Sprejem / Izdaja«.

TmaxP (°C): Številsko vnosno polje za največjo pričakovano temperaturo produktov. Ta vrednost se uporablja pri prikazu temperaturnih podatkov na strani »Sprejem / Izdaja«.



Slika 3.14 Stran za urejanje splošnih nastavitev aplikacije

3.4.2 Podatkovni model

Za shranjevanje vseh podatkov, ki bodo prikazani na zgornjih straneh, je bilo potrebno zgraditi podatkovni model, ki je prikazan na sliki 3.15. Za tabele, ki so v relaciji 1:N, velja, da se zapis v prvi tabeli poljubno-krat uporabi v drugi tabeli. V podatkovnem modelu se nahajajo tabele:

generalsettings: Splošne nastavitve aplikacije. Vsebuje polja, ki se nahajajo na strani »Nastavitve aplikacije«.

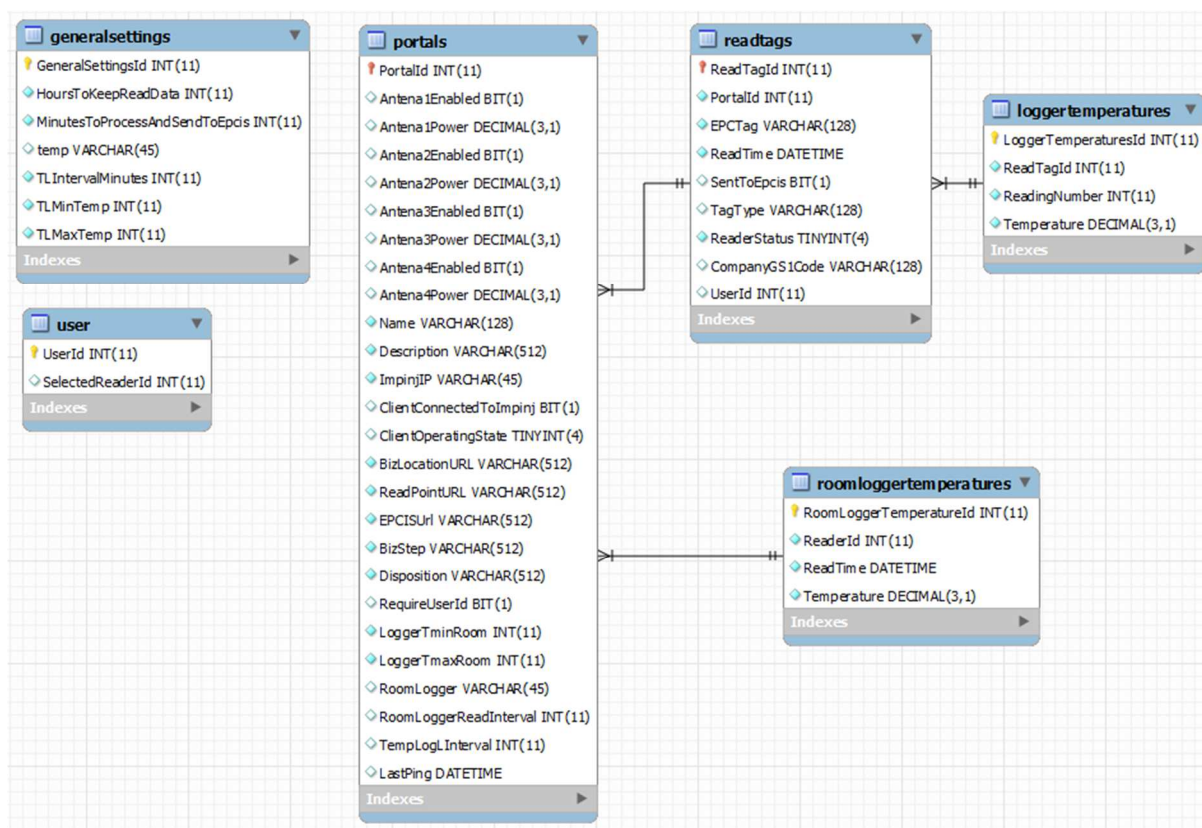
user: Nastavitve posameznega uporabnika. Prijavni in ostali podatki uporabnika so shranjeni v podatkovni bazi SCM Context spletne aplikacije, zato je v SCM Portal aplikaciji potrebna zgolj informacija o izbranem čitalcu.

portals: Podatki o čitalcu, ki se jih lahko dodaja in ureja v nastavitvah čitalca. Tabela je v relaciji 1:N s tabelama readtags in roomloggertemperatures.

roomloggertemperatures: Temperature okolice, kjer je za vsako prebrano temperaturo shranjen tudi čas in čitalec, ki jo je prebral.

readtags: Vse zaznane EPC kode s pripadajočimi podatki (čitalec, čas branja, stanje portala,...). Tabela je v relaciji 1:N s tabelo loggertemperatures.

loggertemperatures: Temperature TempLogov, ki se nahajajo med produkti, s pripadajočimi podatki (zaporedna številka temperature, EPC koda kateri pripadajo temperature).



Slika 3.15 Podatkovni model SCM Portala

3.4.3 EPCIS dogodki

Vse prebrane EPC kode so v SCM Portalu shranjene zgolj začasno. Trajnemu shranjevanju informacije o tem, kaj se je dogajalo z določeno EPC kodo, je namenjen EPCIS repozitorij. EPCIS repozitorij je aplikacija, katere delovanje je definirano z EPCIS standardom. Njena naloga je posredovanje podatkov iz podatkovne baze zunanjim aplikacijam in zapisovanje podatkov prejetih iz zunanjih aplikacij v podatkovno bazo. Vsa komunikacija med EPCIS repozitorijem in zunanjimi aplikacijami poteka preko XML (Extensible Markup Language) zapisov, s standardizirano strukturo glede na tip akcije.

Za vnos podatkov s spremembami stanja EPC kod se uporabljajo zapisi, z definirano XML strukturo, imenovani dogodki (ang. events). Vsi dogodki in njihova sestava so podrobneje definirani v EPCIS standardu [7]. Glede na tip dogodka ločimo naslednje dogodke:

- **Objektni dogodek (ang. Object event):** Splošen dogodek, ki poda nove informacije o objektu.

- **Agregacijski dogodek (ang. Aggregation event):** Dogodek, ki združi več objektov v en objekt, npr. več izdelkov na eni paleti.
- **Transakcijski dogodek (ang. Transaction event):** Dogodek, ki poveže objekt z določeno poslovno transakcijo.
- **Transformacijski dogodek (ang. Transformation event):** Dogodek, ki pretvori objekt v nov objekt.

SCM Portal sledi premikom objektov opremljenih z EPC kodami v in iz skladišča in pri tem beleži spremembo lokacije ter stanja, zato je treba uporabiti objektne dogodke. Na sliki 3.16 je prikazan primer objektnega dogodka za sprejem v skladišče. Objektni dogodek za izdajo ima enako strukturo, razlikuje pa se v vrednosti v poljih bizStep in disposition, ki določata korak v katerem se je dogodek zgodil (bizStep) in stanje objekta (disposition).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<epcis:EPCISDocument schemaVersion="1.0" creationDate="2013-02-28T14:06:10" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  - <EPCISBody>
    - <EventList>
      - <ObjectEvent>
        <eventTime>2013-02-28T14:06:10+01:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+01:00</eventTimeZoneOffset>
        - <epcList>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/asset/004/3</epc>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/product/0042/1006268</epc>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/asset/004/1</epc>
        </epcList>
        <action>OBSERVE</action>
        <bizStep>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/bizstep/receiving_coldstore</bizStep>
        <disposition>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/disposition/sellable_not_accessible</disposition>
      - <readPoint>
        <id>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/location/03/10</id>
      </readPoint>
      - <bizLocation>
        <id>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/location/03/01</id>
      </bizLocation>
    </ObjectEvent>
  </EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>
```

Slika 3.16 Struktura objektnega dogodka za sprejem

Glede na strukturo dogodka so vidne naslednje informacije.

eventTime: Čas ob katerem se je zgodil dogodek.

eventTimeZoneOffset: Časovni odmik dogodka glede na UTC čas.

epcList – epc: Spisek vseh EPC kod, ki sodelujejo pri tem dogodku.

action: Akcija, ki se je zgodila objektu. Ta je lahko ADD (objekt se še ni pojavil v EPCIS repozitoriju in se ga bo opazovalo), OBSERVE (objekt je bil opažen), DELETE (objekt se odstrani iz EPCIS repozitorija in ne bo več opazovan). Za premik objektov v in iz skladišča se uporablja OBSERVE.

bizStep (business step): Korak v verigi, ki je povzročil spremembo stanja. V SCM Portalu je ta lahko sprejem ali izdaja. Vrednost tega elementa se vzame iz nastavitev čitalca, ki je zaznal objekt in se razlikuje, če gre za sprejem ali izdajo.

disposition: Novo stanje objektov. Vrednost tega elementa se vzame iz nastavitev čitalca, ki je zaznal objekte in se razlikuje, če gre za sprejem ali izdajo.

readPoint: Entiteta, ki je zaznala objekte, v tem primeru so to RFID vrata. Vrednost tega elementa se vzame iz nastavitev čitalca, ki je zaznal objekte.

bizLocation (business location): Lokacija, kjer se nahaja entiteta, ki je zaznala objekte, v tem primeru so to vrata hladilnice. Vrednost tega elementa se vzame iz nastavitev čitalca, ki je zaznal objekte.

3.4.4 Komunikacija med aplikacijama RFID Portal in SCM Portal

Vsa komunikacija (prenašanje podatkov, prenašanje nastavitev, itd.) poteka med aplikacijama preko 'websocket' protokola. Njegova prednost je, da je zasnovan za delovanje v katerikoli aplikaciji, strežniku predvsem pa v brskalnikih, kar pomeni, da je mogoče imeti dvosmerno komunikacijo med strežnikom in brskalnikom. Pred pojavitvijo 'websocket' protokola to ni bilo mogoče, saj je HTTP (HyperText Transfer Protocol) protokol zgolj enosmeren in je bilo potrebno izvajati posamezne poizvedbe za pridobitev novih podatkov. Za razliko od HTTP pa 'websocket' omogoča, da strežnik pošlje podatke brskalniku kadarkoli, ta pa jih takoj prejme in ustrezno obdela.

Za izmenjevanje podatkov med aplikacijami se pogosto uporabljajo spletni servisi (ang. Web service). Ti delujejo podobno kot 'websocket', a so kompleksnejši za implementacijo in ne omogočajo toliko svobode, zato se 'websocket' vedno pogosteje uporablja v enostavnejših aplikacijah.

'Websocket' je tako bil izbran kot komunikacijski protokol med aplikacijam RFID Portal ter SCM Portal. V primerjavi s spletnimi servisi je bila izbrana omenjena rešitev iz več razlogov:

- Enostavna izvedba.
- Manjša količina podatkov, ki se prenašajo. Spletni servisi imajo veliko dodatnih podatkov, ki pri 'websocket' niso potrebni.

- Takojšnja komunikacija med RFID Portalom, SCM Portalom in brskalnikom. Ko je npr. zaznana nova EPC koda, jo RFID Portal pošlje SCM Portalu, ta pa brskalniku takoj javi naj se osveži in prikaže nov podatek.

Poglavje 4 Implementacija in testiranje

RFID sistem je bil zasnovan za testiranje v realnem okolju skladiščenja rib v hladilnici. Nadomestil bo obstoječo rešitev z namiznimi aplikacijami in omogočil oddaljen dostop za pregled procesa. V ta namen je bilo potrebno postaviti okolje, v katerem delujejo RFID vrata v povezavi z aplikacijama RFID Portal in SCM Portal.

Testna spletna aplikacija SCM Portal je bila začasno nameščena in je dostopna na oddaljenem strežniku, ki je dosegljiv preko internetnega omrežja. RFID vrata so bila povezana v isto lokalno omrežje, v katerega je bil povezan računalnik, ki je bil uporabljen za testiranje. Ta se je nahajal zraven RFID vrat, ker je potrebno med testiranjem preveriti več kombinacij nastavitvev čitalcev. Na njem je bila nameščena aplikacija RFID Portal, ki jo je potrebno ustrezno namestiti in zagnati.

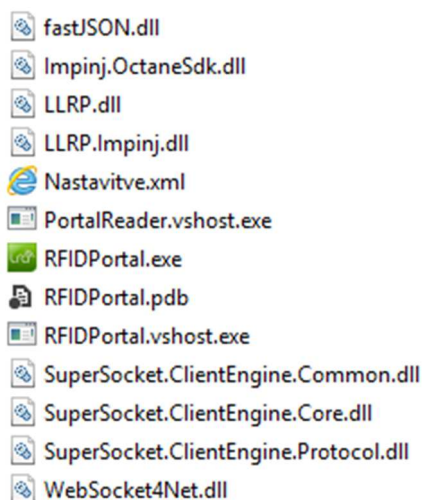
Za delovanje RFID sistema je potrebno najprej na strežniku namestiti podatkovno bazo MySQL, ki hrani podatke za aplikacijo SCM Portal in kopijo podatkov aplikacije SCM Context. Za tem je potrebno namestiti javanski aplikacijski strežnik GlassFish, na katerem je nameščena spletna aplikacija SCM Portal in aplikacijo RFID portal na osebni računalnik.

4.1 Namestitev, zagon in nastavitev RFID Portala

Aplikacija RFID Portal potrebuje za delovanje na računalniku datoteke (slika 4.1), ki vključujejo:

- Knjižnice (.dll), ki vsebujejo vse dodatne programske funkcionalnosti za delovanje aplikacije.
- Datoteko za nastavitve (Nastavitve.xml), v kateri sta shranjeni nastavitvi za nazadnje uspešno povezan strežnik in nazadnje izbran čitalec.
- Zagonska datoteka (RFIDPortal.exe), s katero se zažene aplikacijo.

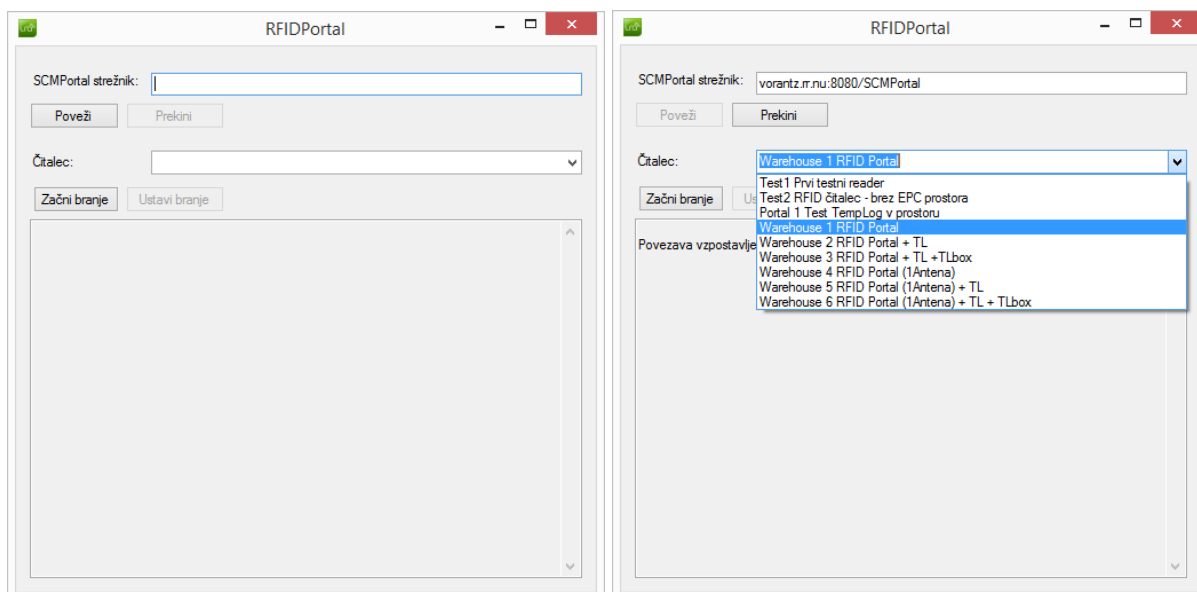
Za namestitev, se te datoteke posredujejo v zgoščeni obliki, ki jo mora uporabnik razširiti in shraniti v ustrezno mapo na lokalnem disku računalnika.



Slika 4.1 RFID Portal datoteke

Aplikacija RFID Portal se zažene z dvoklikom na RFIDPortal.exe. Odpre se okno z vnosnimi polji (slika 4.2). Uporabnik mora najprej povezati RFID Portal s SCM Portal spletno aplikacijo. V vnosno polje »SCM Portal strežnik« mora vnesti spletni naslov SCM Portal aplikacije, ki je enak spletnemu naslovu s katerim uporabnik dostopa do aplikacije v brskalniku. Ko je naslov vnešen je potrebno pritisniti gumb »Poveži«.

Če je povezava uspešna se v polju za obvestila izpiše »Povezava vzpostavljena!«, v nasprotnem primeru se izpiše »An established connection was aborted by the software in your host machine. Closed!«, kar lahko pomeni, da je uporabnik vnesel napačen naslov ali pa SCM Portal aplikacija ni dosegljiva. Po uspešno vzpostavljeni povezavi se napolni spustni seznam z vsemi čitalci, ki so na voljo. Če v SCM Portal ne obstaja noben čitalec se izpiše obvestilo »Noben čitalec ni na voljo. Prosim pojdite v SCM Portal aplikacijo in ustvarite nov čitalec.«, kar pomeni, da nadaljnji koraki niso možni in mora uporabnik ustvariti nov čitalec. Po tem, ko ga ustvari, mora ponovno vzpostaviti povezavo za pridobitev novega čitalca. Če je uporabnik RFID Portal že uporabljal in je bila povezava s SCM Portal aplikacijo uspešno vzpostavljena, se bo ob naslednjem zagonu RFID Portal samodejno povezal na zadnje uporabljeni spletni naslov (SCM Portal strežnik).



Slika 4.2 RFID Portal ob zagonu in izbira čitalca

Po uspešno vzpostavljeni povezavi s SCM Portal spletno aplikacijo je potrebno RFID Portal povezati z RFID vrati. Za to je potrebno izbrati čitalec z ustreznimi nastavitvami iz spustnega seznama »Čitalec« in pritisniti gumb »Začni branje« (slika 4.2). Če je inicializacija čitalca uspešna se bo v polju za obvestila izpisalo sporočilo »Povezava s čitalcem uspešna« in se bo na portalu prižgala rumena luč, v nasprotnem primeru se izpiše napaka »OctaneSDK napaka pri inicializaciji čitalca: Impinj.OctaneSdk.ConnectException: The reader is not on the network (bad address or name?)« kar lahko pomeni:

- Da čitalec ni priključen v elektriko.
- Čitalec ni ustrezno povezan v računalniško omrežje.
- Nastavitve čitalca so neustrezne in jih je potrebno popraviti v SCM Portal aplikaciji.

Če to ni prvi zagon RFID Portal aplikacije in je bil ob prejšnjem zagonu uspešno inicializiran čitalec, se bo ta korak izvedel samodejno z zadnjim izbranim čitalcem. S tem je uspešno zaključen zagon ter nastavitve RFID Portal aplikacije in portala.

4.2 Proces identifikacije (Sprejem / Izdaja)

Proces identifikacije z RFID sistemom se bo izvajal v hladilnici podjetja Fonda [29]. Uporablja se za hranjenje rib, ki so pripravljene za dostavo trgovinam, restavracijam in ostalim kupcem. Sestavljena je iz dveh prostorov. Glavni prostor je hladilna komora, kjer so na nizki temperaturi

med 0°C in 4°C shranjene ribe. Predprostor je od zunanjega skladišča ločen s potisnimi vrati in skrbi za vzdrževanje nižje temperature med okolico in hladilno komoro. V predprostoru je tako temperatura višja kot v hladilni komori in zato primernejša za delovanje elektronskih naprav. Zaradi tega je predvideno, da bodo RFID vrata postavljena v predprostoru za potisnimi vrati (slika 4.3) in bodo zaznavala vse označene izdelke, ki prispejo v hladilnico ali jo zapustijo.



Slika 4.3 Portal v predprostoru

Za testiranje je bila pripravljena paleta (slika 4.4), na kateri je bilo 30 navadnih zabojev iz stiropora, napolnjenih z ribami ter ledom in en pokrit modri zaboj za privatne stranke z manjšim številom rib. Vsak zaboj je imel nameščeno RFID nalepko z unikatno EPC kodo. Za merjenje temperatur prostora je bil en TempLog postavljen v bližini anten. Za merjenje temperatur rib, pa so bili vstavljeni štirje TempLogi na paleti: v modrem zaboju v ledu, na zunanji strani palete, na notranji strani palete in v navadnem zaboju v ledu.



Slika 4.4 Pripravljena paleta

Za izvajanje testa, je bilo šestkrat ponovljeno premikanje palete v hladilnico in iz nje. Pred prehodom palete skozi RFID vrata v hladilnico je bilo prestavljeno stikalo na portalu iz stanja 0 (v pripravljenosti) v stanje 1 (sprejem), ob tem pa se je na portalu prižgala zelena in rumena luč, kar potrdi, da je čitalec v stanju sprejema. Za tem je bila skozi RFID vrata v hladilnico zapeljana paleta. Ker so bili na paleti postavljeni TempLogi, je bilo potrebno paleto med RFID vrati ustaviti za približno 5 sekund. Branje temperaturnih podatkov je uporabnik lahko identificiral, ker so bile vse luči ugasnjene. Po ponovnem prižigu luči, je bilo branje končano in paleta je bila lahko prepeljana v hladilnico. Za tem je bilo stikalo na RFID vratih prestavljeno iz stanja 1 nazaj na stanje 0, na RFID vratih se je prižgala samo rumena luč, kar je pomenilo, da je čitalec v stanju pripravljenosti. Uspešnost zaznavanja RFID nalepk in TempLogov je bila preverjena v SCM Portal aplikaciji na strani »Sprejem / Izdaja« (slika 4.5).

Prebrani EPC podatki

Status: OFF

Proces:

TempLog Izberi proces Poslano v EPCIS? Izberi podjetje Izberi tip produkta

Show 10 entries

EPC	Podjetje	Tip produkta	Datum	Proces	EPCIS	Uporabnik
300D6D4306800D00000F677E	Fonda.si	Brancin - file 400-600g	Sep 24, 2014 12:28:13 PM	Sprejem	Da	
300D6D4306800A40000F676F	Fonda.si	Brancin - očiščen 300-400g	Sep 24, 2014 12:26:56 PM	Sprejem	Da	
300D6D4306800D00000F6765	Fonda.si	Brancin - file 400-600g	Sep 24, 2014 12:26:55 PM	Sprejem	Da	
300D6D43068007C0000F676D	Fonda.si	Brancin - neočiščen 300-400g	Sep 24, 2014 12:26:46 PM	Sprejem	Da	
300D6D4306800A80000F6759	Fonda.si	Brancin - očiščen 400-600g	Sep 24, 2014 12:26:42 PM	Sprejem	Da	
300D6D4306800B00000F66DD	Fonda.si	Brancin - očiščen 800-1000g	Sep 24, 2014 12:26:42 PM	Sprejem	Da	
300D6D4306800780000F676A	Fonda.si	Brancin - neočiščen 200-300g	Sep 24, 2014 12:26:42 PM	Sprejem	Da	
300D6D4306800A40000F66DA	Fonda.si	Brancin - očiščen 300-400g	Sep 24, 2014 12:26:41 PM	Sprejem	Da	
300D6D4306800B00000F66DF	Fonda.si	Brancin - očiščen 800-1000g	Sep 24, 2014 12:26:41 PM	Sprejem	Da	
300D6D4306800CC0000F6727	Fonda.si	Brancin - file 300-400g	Sep 24, 2014 12:26:41 PM	Sprejem	Da	

Showing 1 to 10 of 68 entries

Previous 1 2 3 4 5 6 7 Next

© 2014 - Vedran Slipančič, UL FRI (diplomsko delo)

Slika 4.5 Prikaz sprejetih izdelkov

Pred prehodom palete skozi RFID vrata iz hladilnice, je bilo prestavljeno stikalo na RFID vratih iz stanja 0 (v pripravljenosti) v stanje 2 (izdaja), ob tem pa sta se na RFID vratih prižgali rdeča in rumena luč, kar potrdi, da je čitalec v stanju izdaje. Nato je bila paleta zapeljana iz hladilnice skozi RFID vrata in postopek je bil enak kot pri sprejemu, po koncu pa prestavljeno stikalo iz stanja 2 v stanje 0. Uspešnost zaznavanja je bila prav tako preverjena v SCM Portal aplikaciji (slika 4.6).

Prebrani EPC podatki

Status: OFF

Proces:

TempLog Izberi proces Poslano v EPCIS? Izberi podjetje Izberi tip produkta

Show 10 entries

EPC	Podjetje	Tip produkta	Datum	Proces	EPCIS	Uporabnik
300D6D4306800D00000F66B2	Fonda.si	Brancin - file 400-600g	Sep 24, 2014 12:23:30 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800B00000F66DE	Fonda.si	Brancin - očiščen 800-1000g	Sep 24, 2014 12:23:29 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800D00000F6773	Fonda.si	Brancin - file 400-600g	Sep 24, 2014 12:23:29 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800D00000F6765	Fonda.si	Brancin - file 400-600g	Sep 24, 2014 12:23:29 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800AC0000F6774	Fonda.si	Brancin - očiščen 600-800g	Sep 24, 2014 12:23:29 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800D00000F6769	Fonda.si	Brancin - file 400-600g	Sep 24, 2014 12:23:23 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800D00000F6772	Fonda.si	Brancin - file 400-600g	Sep 24, 2014 12:23:21 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800A40000F66DA	Fonda.si	Brancin - očiščen 300-400g	Sep 24, 2014 12:23:21 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800A40000F676F	Fonda.si	Brancin - očiščen 300-400g	Sep 24, 2014 12:23:21 PM	Izdaja	Da	
300D6D4306800B00000F66DD	Fonda.si	Brancin - očiščen 800-1000g	Sep 24, 2014 12:23:20 PM	Izdaja	Da	

Showing 41 to 50 of 68 entries

Previous 1 2 3 4 5 6 7 Next

© 2014 - Vedran Slipančič, UL FRI (diplomsko delo)

Slika 4.6 Prikaz izdanih izdelkov

4.3 Preverjanje temperatur

Za zagotavljanje ustreznih temperatur v celotnem procesu hladne verige je potreben pogost nadzor nad njimi. Zaradi tega se, po sortiranju ter tehtanju ulovljenih rib, med zaboje in na paletu položi enega ali več RFID zapisovalnikov podatkov, ki merijo in shranjujejo temperature. Te se ob nadaljnji pripravi rib za pošiljanje strankam odstrani, prebere zapisane temperature ter shrani v sistem s podatki o sledljivosti. Poleg temperatur izdelkov pa je zaželeno imeti tudi preverjanje temperature prostora v katerem se ribe nahajajo pred shranjevanjem v hladilnico, da se lahko zazna potencialne probleme zaradi nihanja temperatur (npr. predolgo odprta vrata poleti). Te temperature se ne shranjujejo kot del hladne verige, temveč zgolj v SCM Portal aplikaciji in so namenjeni pregledu iz strani uporabnikov, ki skrbijo za ustrezno delovanje hladilnice.

Za preverjanje temperatur prostora je potrebno zagotoviti več pogojev:

- RFID Portal aplikacija mora biti zagnana ter ustrezno povezana in RFID vrata morajo biti v stanju pripravljenosti.
- V prostoru, kjer se bodo beležile temperature, mora biti postavljen TempLog namenjen izključno branju temperatur prostora. Postavljen mora biti v dosegu anten RFID vrat, ker v nasprotnem primeru ne morejo prebrati podatkov.
- V SCM Portal aplikaciji morata biti v nastavitvah čitalca nastavljeni EPC koda TempLoga (»TempLogL«) in interval branja temperatur (»PortalReader«).
- Čitalec mora biti v stanju mirovanja, kar pomeni, da mora biti stikalo na portalu postavljeno na stanje 0 ter na semaforju mora goreti samo rumena luč.

Temperature prostora se pregleduje na strani »Sprejem / Izdaja«, z izpisom v CSV datoteko (slika 4.7). V glavi dokumenta so osnovni podatki o RFID vratih, ki izvajajo branje v določenem prostoru:

- Ime čitalca in EPC koda RFID zapisovalnika podatkov (Čitalec, TempLogL).
- Najnižja in najvišja pričakovana temperatura v prostoru (TmaxL (°C), TminL (°C)).
- Časovni interval beleženja temperatur na RFID zapisovalniku podatkov (TempLogL (min)).
- Časovni interval branja temperatur prostora (PortalReader (min)).

V nadaljevanju sledijo podatki o meritvah. Tu je pomemben njihov pregled v primerih, ko so izven pričakovanih meja. Posebej se izpišejo vse temperature in časi branja za temperature, ki so nad pričakovano mejo ($\gg T_{\max}$) in tiste, ki so pod pričakovano mejo ($\ll T_{\min}$). V testnem primeru (slika 4.7). je največja pričakovana temperatura 22°C , izmerjene pa so bile temperature $23,9^{\circ}\text{C}$, zato se vse izpišejo pod $\gg T_{\max}$.

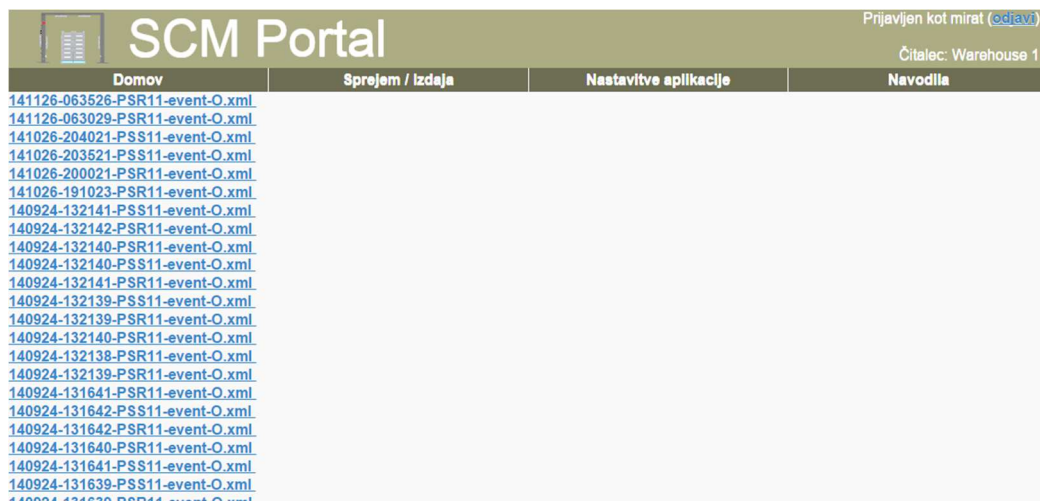
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	sep=										
2	Čitalec	Warehouse 1 RFID Portal (TempLogL:330D6D430680010000000002)									
3	TmaxL(°C):	22°C									
4	TminL(°C):	10°C									
5	TempLogL(min):	6									
6	PortalReader(min):	10									
7	Število meritev:	12									
8	Meritve, ki so izven limit:										
9	>Tmax(12)	(26.11.2014 07:37: 23,90°C, 26.11.2014 07:47: 23,90°C, 26.11.2014 07:57: 23,90°C, 26.11.2014 08:08: 23,90°C, 26.11.2014 0									
10	<Tmin(0)	()									
11											
12	Zaporedna številka meritve	Čas	T								
13	1	26.11.2014 7:37	23,90°C								
14	2	26.11.2014 7:47	23,90°C								
15	3	26.11.2014 7:57	23,90°C								
16	4	26.11.2014 8:08	23,90°C								
17	5	26.11.2014 8:18	23,90°C								
18	6	29.11.2014 9:14	23,90°C								
19	7	29.11.2014 9:24	23,90°C								
20	8	29.11.2014 9:34	23,90°C								
21	9	29.11.2014 9:45	23,90°C								
22	10	29.11.2014 9:55	23,90°C								
23	11	29.11.2014 10:05	23,90°C								
24	12	29.11.2014 10:15	23,90°C								
25											

Slika 4.7 Izpis temperatur prostora v datoteko CSV

4.4 Datoteke XML za zapis v EPCIS repozitorij

Spremembe stanja vseh izdelkov, ki so označeni z EPC kodo (sprejem v skladišče ali izdaja iz njega), je potrebno zaznati in definirati kot EPCIS dogodek ter poslati v EPCIS repozitorij, kjer se trajno hranijo podatki o sledljivosti. Pretvorba in pošiljanje dogodkov se izvede ob končanju sprejema ali izdaje oz., če ni uspelo takrat, ob intervalu, ki se ga določi v nastavitvah aplikacije »Interval pošiljanja EPC kod na EPCIS«.

EPCIS dogodki morajo biti definirani v XML strukturi, ki je določena z EPCIS standardi. Za enostavnejše testiranje pravilnosti izgradnje dogodkov, se jih ni pošiljalo v EPCIS repozitorij, ampak shranilo kot XML datoteke na strežniku, in prikazalo na posebni strani (slika 4.8).



SCM Portal			
			Prijavljen kot mirat odjavi
			Čitalec: Warehouse 1
Domov	Sprejem / Izdaja	Nastavitve aplikacije	Navodila
141126-063526-PSR11-event-O.xml			
141126-063029-PSR11-event-O.xml			
141026-204021-PSS11-event-O.xml			
141026-203521-PSS11-event-O.xml			
141026-200021-PSR11-event-O.xml			
141026-191023-PSR11-event-O.xml			
140924-132141-PSR11-event-O.xml			
140924-132142-PSR11-event-O.xml			
140924-132140-PSR11-event-O.xml			
140924-132140-PSS11-event-O.xml			
140924-132141-PSR11-event-O.xml			
140924-132139-PSR11-event-O.xml			
140924-132139-PSR11-event-O.xml			
140924-132140-PSR11-event-O.xml			
140924-132138-PSR11-event-O.xml			
140924-132139-PSR11-event-O.xml			
140924-131641-PSR11-event-O.xml			
140924-131642-PSS11-event-O.xml			
140924-131642-PSR11-event-O.xml			
140924-131640-PSR11-event-O.xml			
140924-131641-PSS11-event-O.xml			
140924-131639-PSR11-event-O.xml			
140924-131639-PSR11-event-O.xml			

Slika 4.8 Prikaz generiranih dogodkov

V vsakem dogodku so združene vse EPC kode, ki v tistem trenutku še niso bile poslane v EPCIS repozitorij in se jim je na uporabljenih RFID vratih nastavilo isto stanje (sprejeto ali izdano). Primer zgrajenega dogodka, kjer je bilo v hladilnico pripeljanih pet produktov in en TempLog je prikazan na sliki 4.9.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="true"?>
- <ns5:EPCISDocument xmlns:ns5="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:ns3="urn:epcglobal:epcis-query:xsd:1" xmlns:ns4="urn:epcglobal:epcis-masterdata:xsd:1"
  xmlns:ns2="http://www.unece.org/cefact/namespaces/StandardBusinessDocumentHeader" creationDate="2014-11-26T06:35:26.229+01:00" schemaVersion="1.0">
  - <EPCISBody>
    - <EventList>
      - <ObjectEvent>
        <eventTime>2014-11-26T06:35:26.229+01:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+01:00</eventTimeZoneOffset>
        - <epcList>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/asset/004/1</epc>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/product/0037/1006190</epc>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/product/0033/1045</epc>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/product/0051/1009447</epc>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/product/0033/983040</epc>
          <epc>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/product/0037/1006241</epc>
        </epcList>
        <actionList>
          <action>OBSERVE</action>
        </actionList>
        <bizStep>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/bizstep/receiving_coldstore</bizStep>
        <disposition>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/disposition/sellable_not_accessible</disposition>
      - <readPoint>
        <id>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/location/03/10</id>
      </readPoint>
      - <bizLocation>
        <id>http://wmrfid.org/farm2fork/383004776/location/03/01</id>
      </bizLocation>
    </ObjectEvent>
  </EventList>
</EPCISBody>
</ns5:EPCISDocument>
```

Slika 4.9 Primer zgrajenega dogodka

Poglavje 5 Sklepne ugotovitve

V diplomski nalogi so predstavljene in opisane rešitve, ki omogočajo uspešno identifikacijo izdelkov, ki so označeni z RFID nalepko. Zastavljeni cilji so bili v celoti uresničeni. Razvili in testirali smo aplikaciji, ki ponujata uporabniku enostavnejše upravljanje z RFID sistemom in možnost pregleda podatkov na namiznih ali mobilnih napravah. Poleg obstoječih funkcionalnosti, ponuja razvita rešitev tudi izvoz temperaturnih meritev v datoteko CSV za kasnejši pregled, prikaz podatkov s podrobnostmi, filtriranje podatkov in prijavo uporabnikov na RFID vratih. Spletna aplikacija za zajemanje podatkov sicer še vedno potrebuje namizno aplikacijo, a je ta zasnovana tako, da deluje povsem avtonomno in zahteva minimalno stopnjo interakcije z uporabnikom.

Kljub obsežnemu naboru funkcionalnosti se je v fazi testiranja pokazalo, da je mogoče celoten RFID sistem še izboljšali:

- Povezava RFID sistema z internim sistemom naročanja in odpreme končnim strankam. Ta bi nam omogočal takojšnji pregled nad izdelki, ki bi morali biti zaznani in uporabnika opozoril na manjkajoče izdelke oz. na izdelke, ki ne spadajo v trenutno pošiljko.
- Uporaba novejše OctaneSDK knjižnice, ki skrbi za upravljanje RFID vrat. Ta verzija deluje bolj stabilno, a je zasnovana zelo drugače od trenutno uporabljene verzije, zaradi česar bi bil potreben prepis večine obstoječe kode RFID Portala.
- RFID Portal bi lahko upravljal z več RFID vrati namesto samo z enimi. V trenutnem okolju te potrebe ni bilo.

Trenutna rešitev je v fazi testiranja in deluje zgolj v testnem okolju. Končni cilj je, da bi bila v prihodnosti povezana z ostalimi aplikacijami in podatkovnim bazami, ki se uporabljajo v sklopu pilotnega projekta RFID-F2F in vsebujejo vse podatke v dejanski preskrbovalni verigi.

Literatura

- [1] (2014) GS1 EPC RFID. Dostopno na: <http://www.gs1si.org/1/standardi-in-resitve/gs1-epcrfid.aspx>
- [2] (2014) Cold chain. Dostopno na: <http://log.logcluster.org/mobile/response/cold-chain/index.html>
- [3] Wireless sensor networks - The basics. 2012. Dostopno na: <http://www.edn.com/design/communications-networking/4397929/Wireless-Sensor-Networks-The-basics-Part-I>
- [4] (2014) RFID-F2F. Dostopno na: <http://www.rfid-f2f.eu/>
- [5] (2014) RFID-F2F, Fonda implementation. Dostopno na: <http://www.rfid-f2f.eu/details.asp?id=1585>
- [6] Erjavec, Rok, 2013. Aplikacija za upravljanje identifikatorjev in podatkov v sistemu z NFC nadzorom temperatur. Dostopno na: http://eprints.fri.uni-lj.si/2219/1/Erjavec_R-1.pdf
- [7] (2014) EPCIS 1.1 standard. Dostopno na: http://www.gs1.org/gsmp/kc/epcglobal/epcis/epcis_1_1-standard-20140520.pdf
- [8] (2014) Impinj Speedway Revolution. Dostopno na: https://support.impinj.com/hc/en-us/article_attachments/200774308/IPJ_Speedway_Rev_Brochure_20110228.pdf
- [9] (2014) RFID Reader Antenna Tutorial - What you need to know. Dostopno na: http://skyrfid.com/RFID_Antenna_Tutorial.php

- [10] (2014) PAV90209H. Dostopno na: <http://www.lairdtech.com/products/pav90209h-fnf>
- [11] (2014) Impinj Speedway Revolution GPIO box. Dostopno na: https://support.impinj.com/hc/en-us/article_attachments/200774838/IPJ_Speedway_Rev_GPIOBox_Datasheet_20100528.pdf
- [12] (2014) SL900A. Dostopno na: <http://www.ams.com/eng/Products/UHF-RFID/UHF-Interface-and-Sensor-Tag/SL900A>
- [13] (2014) C# language specification. Dostopno na: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms228593.aspx>
- [14] (2014) Java timeline. Dostopno na: <http://oracle.com.edgesuite.net/timeline/java/>
- [15] (2014) About HTML5 WebSockets. Dostopno na: <https://www.websocket.org/aboutwebsocket.html>
- [16] (2014) Microsoft Visual Studio. Dostopno na: <http://www.visualstudio.com>
- [17] (2014) Eclipse. Dostopno na: <https://eclipse.org>
- [18] (2014) GlassFish. Dostopno na: <http://www.oracle.com/us/products/middleware/cloud-app-foundation/glassfish-server/overview/index.html>
- [19] (2014) MySQL. Dostopno na: <http://www.mysql.com>
- [20] (2014) MySQL Workbench. Dostopno na: <http://www.mysql.com/products/workbench/>
- [21] (2014) fastJSON. Dostopno na: <http://www.codeproject.com/Articles/159450/fastJSON>
- [22] (2014) Impinj OctaneSDK. Dostopno na: <https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/202755268-Octane-SDK>

- [23] (2014) WebSocket4NET. Dostopno na: <https://websocket4net.codeplex.com>
- [24] (2014) SuperWebSocket. Dostopno na: <http://superwebsocket.codeplex.com>
- [25] (2014) jQuery. Dostopno na: <http://jquery.com>
- [26] (2014) jQuery mobile. Dostopno na: <http://jquerymobile.com>
- [27] (2014) SGTIN encoding. Dostopno na: <http://www.bitpapers.com/2012/02/rfid-gs1-sgtin-encoding.html>
- [28] (2014) GRAI encoding. Dostopno na: <http://www.bitpapers.com/2012/02/rfid-gs1-grai-encoding.html>
- [29] (2014) Fonda. Dostopno na: <http://www.fonda.si/sl/>

